Handbuch der allgemeinen Himmelsbesc...

Hermann Joseph Klein







HANDBUCH

DER ALLGEMEINEN

HIMMELSBESCHREIBUNG

VOM STANDPUNKTE

DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

DAS SONNENSYSTEM,

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE DER WISSENSCHAFT.

MIT DREI TAFELN ABBILDUNGEN.

ZWEITE VERBESSERTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

DAS

SONNENSYSTEM

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE

DER

WISSENSCHAFT,

VOM

STANDPUNKTE DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

Vol. 1

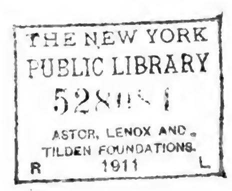
MIT DREI TAFELN ABBILDUNGEN.

ZWEITE VERBESSERTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.



VORBEMERKUNG.

Bei Ausarbeitung des vorliegenden Werkes habe ich mir die Aufgabe gestellt, eine vollständige Darstellung des gegenwärtigen Zustandes unserer Kenntnisse von der physischen Constitution des Sonnensystems zu geben. Als Vorbild wurde hierbei die classische Darstellung betrachtet, welche vor 19 Jahren Alexander von Humboldt im astronomischen Bande des Kosmos von demselben Gegenstande gab.

Man weiss, dass gegenwärtig mehrere der dort von Humboldt entwickelten Ansichten unhaltbar geworden sind; anderseits haben alle Theile der astronomischen Wissenschaft in ihrer Anwendung auf den hier behandelten Gegenstand solche Erweiterungen erfahren, dass der Versuch einer neuen, nach einem erweiterten Plane angelegten Darstellung keineswegs ungerechtfertigt erscheinen dürfte. In wie weit es gelungen, das vorgesteckte Ziel zu erreichen, muss dem Urtheile des Kenners anheimgegeben werden. Ich habe keine Mühe und keine Verbindung mit der Nähe und Ferne gescheut, um in meinem Werke allenthalben die zuverlässigsten Daten liefern zu können.

Der Kenner wird leicht herausfinden, was und wie viel in dem Buche neu ist und in welchen Punkten mich die aufmerksame Untersuchung des sämmtlichen vorhandenen Materials von der gewöhnlichen Ansicht abweichen liess. Ich habe mich allenthalben bestrebt,

das Geschichtliche unserer Kenntnisse zwar kurz, aber möglichst vollständig zu geben und so Gelegenheit gefunden, mancher im Allgemeinen fast vergessenen Thatsache wieder zu gedenken. In anderen Fällen wurde Einzelnes als stehender Irrthum erkannt, das in astronomischen Werken selbst von bedeutenden Autoren ziemlich gedankenlos immer von Neuem wiederholt wird.

Das vorliegende Werk ist, da es seiner Natur nach analytische Entwicklungen ausschliesst, für Jeden verständlich, der den astronomischen Elementar-Anschauungen nicht eben fremd geblieben, wenngleich es als wissenschaftliches Handbuch populäre Erläuterungen ausschliesst.

Wenn, wie ich hoffe, der Beifall des Publicums meiner Arbeit ermunternd zur Seite steht, so gedenke ich als zweiten Theil die Topographie des Fixsternhimmels, des wichtigsten Feldes astronomischer Forschung, nachfolgen zu lassen.

Cöln.

Der Verfasser.

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

Die überaus günstige Aufnahme, welche das vorliegende Werk beim wissenschaftlichen Publicum gefunden hat, war für den Verfasser ein Sporn, dasselbe bei dieser zweiten Auflage durch Einreihung des neu Erforschten möglichst auf der Höhe des dermaligen Zustandes der Wissenschaft zu erhalten. Der Verfasser verhehlt sich nicht, dass sein Werk noch mancher Verbesserungen bedarf, wenn es dem Ziele, das er sich gesteckt, auch nur einigermaassen nahe kommen soll; aber die gegenwärtigen Zeitverhältnisse machen es jedem Deutschen zur Pflicht, seine Hauptthätigkeit einem andern Gebiete zuzuwenden. Ich bitte meine wissenschaftlichen Freunde, dies zu berücksichtigen, wenn sie finden sollten, dass ich manche ihrer dankenswerthen Winke und Rathschläge nicht so berücksichtigt habe, als dieselben verdienten. Ich hoffe das Versäumte später, wenn nicht mehr Wissenschaft und Kunst unter den ehernen Schritten des Krieges darnieder liegen, nachholen zu können.

Cöln, im Juli 1870.

Der Verfasser.

INHALTSVERZEICHNISS.

EINLEITUNG.

Der Versuch einer wissenschaftlichen Darstellung dessen, was die Himmelsräume erfüllt, einer allgemeinen vergleichenden Himmelsbeschreibung, vom Standpunkte der kosmischen Weltanschauung, unterscheidet sich wesentlich von jenem einer sogenannten populären Darstellung der Astronomie. Die allgemeine Naturbeschreibung des Himmels hat es mit dem Seienden an und für sich im ungemessenen Raume zu thun, so wie mit der historischen Darstellung des Fortschritts unserer Kenntnisse hiervon. Nur in einzelnen bestimmten Fällen wird vorübergehend der Methode gedacht. Es ist aber nicht Aufgabe der physischen Himmelsbeschreibung, auf die hohe Harmonie der mechanischen Gesetze einzugehen, welche den Lauf der Weltkörper und die scheinbar verwickeltsten Perturbationen regeln. Das gehört einem besondern Theile der astronomischen Wissenschaft an, dessen Entwicklung hier fernliegt, wenngleich wichtige Resultate, wie sie sich in den mittleren Bahnelementen und ihren secularen Variationen aussprechen, in die kosmische Himmelsbeschreibung mit hinübergenommen werden.

Die Anschauungen über den Bau und die Eigenthümlichkeiten des Weltalls, welche die Gegenwart stolz ihr Eigenthum nennt, sind fast ausnahmlos das Resultat der Bemühungen von zweiunddreissig Jahrzehnten. Alles, was die Jahrtausende vorher auf astronomischem Gebiete geleistet, verschwindet in dem gegenwärtigen Zustande des Wissens neben dem, was seit Copernicus, Kepler und Newton, was seit Erfindung der Ferngläser ist errungen worden. Sondert man die planetarische Welt von dem Fixsternhimmel, also das Individuelle vom Allgemeinen, so findet sich, dass der glänzende Fortschritt auf dem letztern unermesslichen Gebiete noch von weit jüngerm Datum ist. Vor Herschel's Auftreten war die Fixsternwelt ein wüster, unbekannter Ocean, dem man nur vorübergehend Aufmerksamkeit widmete, den aber kein hinreichend bewaffnetes Auge

mit Ausdauer durchforschte. Positionsbestimmungen einer nicht allzu grossen Zahl meist hellerer Sterne und einige Vermuthungen über Eigenbewegungen sind neben den spärlichen Beobachtungen weniger Veränderlichen, das Hauptsächlichste, was hier geleistet worden. Zwar hatte Messier bereits begonnen, die Welt der Nebelflecke aus dem Dunkel hervorzuziehen, allein um die Wichtigkeit dieser Arbeit zu begreifen, musste erst ein Uebergang geschaffen, eine Brücke gebaut sein, die von den sporadischen und vielfachen Sternen zu dem Complexe jener Gebilde hinüberreichte. Diese Riesenarbeit begonnen und zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht zu haben, ist das grosse Verdienst Sir William Herschel's, des grössten astronomischen Entdeckers aller Jahrhunderte. Im Beginne seiner Wirksamkeit aber war das Sonnensystem bereits durchforscht nach den verschiedensten Richtungen, und das Hauptsächlichste, was man von der planetarischen Welt wusste, war lange bekannt. Denn in dem nämlichen Jahrhunderte, in welchem das Fernrohr erfunden worden, lieferte es bereits diejenigen Resultate, mit denen fast ausschliesslich bis auf Herschel sich das folgende Säculum begnügte. Kaum war die wahre Gestalt des Saturn bekannt, als auch die Zweitheilung seines Ringes wahrgenommen wurde; man bestimmte die Umdrehungsdauer des Jupiter und Mars; wenige Jahre vergingen und mit Erstaunen vernahm die Welt von den Eisregionen des letztgenannten Planeten und von den Stürmen auf der Oberfläche des mächtigen Jupiter. Ja manches von dem, was jene alten Beobachter trotz der optischen Schwäche und der Farbenzerstreuung ihrer langen, blasrohrartigen Ferngläser wahrgenommen, ging wieder verloren und musste von der Neuzeit abermals aufgefunden werden. Dahin rechne ich: Die Eigenbewegung der Sonnenflecke, die schon Scheiner erkannte; die excentrische Stellung des Saturnringes; das Vorhandensein eines dunklen Ringes zunächst über der Oberfläche Saturns u. s. w. Herschel hat mit seinen Riesenreflectoren das meiste damals Bekannte neu untersucht und zuverlässigere Bestimmungen gegeben, als bis dahin vorlagen.

Eine neue Epoche des Fortschritts unserer Kenntnisse von dem Baue und den physischen Zuständen des Universums, beginnt mit der Vervollkommnung der Refractoren und Mikrometer. Es bedarf nur der Erinnerung an zwei Namen, Bessel und Struve, um eine Reihe der wichtigsten Arbeiten ins Gedächtniss zurückzurufen. Auf dem eingeschlagenen Wege sind, mit vervollkommten Instrumenten und Methoden, die Nachfolger vorwärts gewandert und die Fortschritte der optischen und mechanischen Kunst haben auf astronomischem Gebiete die herrlichsten Früchte getragen.

Die neueste Aera, welche eine wichtige Vervollkommnung der hier behandelten Wissenschaft bezeichnet, hebt an mit der Einführung der Chemie und Experimentalphysik in die Astronomie. Daguerre's wichtige Erfindung hat in der Vervollkommnung, welche ihr die ununterbrochenen Bemühungen der Chemiker gegeben, gegen das Licht empfind-

lichere Substanzen darzustellen, für die Astronomie die höchste Bedeutung erlangt. Nicht nur, dass die Photographie mit Glück benutzt wird, am Fixsternhimmel durch treue Wiedergabe von Doppelsternen die Messungen der Distanzen und Positionswinkel wesentlich zu präcisiren; sie hat ein vielleicht noch geeigneteres Feld in dem relativ engen Planetensysteme gefunden, wo Darstellungen der Sonnen- und Mondoberfläche in weniger als einer Secunde mit einer Genauigkeit erlangt werden, die vordem bei dem grössten Aufwande von Zeit und Mühe unerreichbar blieb. Die gewonnenen Bilder erlauben die genauesten Messungen und ertragen starke Vergrösserungen, welche eine Menge Detail erkennen lassen, ja in gewissen Fällen zu begründeten Schlüssen über Stoff-Heterogenität ferner Weltkörper führen können.

Mit der Photographie rivalisirt die Spectralanalyse bezüglich der Wichtigkeit ihrer Anwendung auf astronomischem Gebiete.

Wenn es dem Forscher bisher nur gegeben war, in dem donnernd und tosend auf den Erdboden herniederstürzenden Meteoriten die stoffliche Zusammensetzung zu erkennen; so ist gegenwärtig diese beengende Schranke gefallen und auch die stoffliche Zusammensetzung ferner Sonnen, aus Elementen, die nicht von denjenigen der Erde qualitativ verschieden sind, ist mit Glück in den Kreis des Wissens aufgenommen worden. Dank der bewundernswürdigen Entdeckung von Kirchhoff und Bunsen, wissen wir gegenwärtig mehr über die stoffliche Zusammensetzung der Fixsternwelt, wie über deren Dimensionen und Bewegungsverhältnisse. Die Spectralanalyse hat in dem unermesslichen Heere der Fixsterne bestimmte Typen erkannt, auf die sich alle Individualitäten zurückführen lassen. Wie man vordem über die Vertheilung der Fixsterne von optischem Gesichtspunkte aus Untersuchungen anstellte, so ist es der Wissenschaft von heute gegeben, die nächtlich leuchtende Sternendecke nach chemischen Gesichtspunkten zu sondern.

Das neue astronomische Hülfsmittel der chemischen Analyse hat das merkwürdige Beispiel dargeboten, dass an seiner Hand der Begründer desselben, Kirchhoff, die Unrichtigkeit der von dem Ansehen der ersten Astronomen getragenen wichtigen Lehre von den physikalischen Zuständen des Sonnenballes nachwies, ohne je am parallaktischen Instrumente die ununterbrochenen Wandlungen auf der Sonnenscheibe andauernd verfolgt zu haben. Solche Zeiten mag man gern als die Glanzpunkte einer neuen Epoche in der Anwendung physikalischer Methoden auf die beobachtende Astronomie bezeichnen.

Es würde ungerecht sein, in dieser, wenn auch sehr fragmentarischen Aufzählung, die wichtigen Vervollkommnungen zu vergessen, welche die Photometrie des Himmels erlangt hat.

Steinheil's Scharfsinn gab zuerst Mittel an die Hand, die Unsicherheit, welche selbst Herschel's astrophotometrische Methoden darboten, zu beseitigen. Seidel's Messungen bezeugen dies. Allein ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Gebiete ist erst durch die Construction

des wichtigen Instrumentes angebahnt worden, mit welchem Zöllner seine zahlreichen und genauen Beobachtungen angestellt hat. In der Sphäre der Fixsternwelt hat dieses Instrument bereits wichtige Dienste geleistet, aber die Schlüsse, welche sich aus den gleichzeitigen Helligkeitsmessungen von Körpern des Sonnensystems ziehen lassen, sind gegenwärtig folgenreicher. Bisher war man gewohnt, den Mars als verhältnissmässig lichtschwach erscheinend zu betrachten, im Gegensatz zu den sonnenferneren grossen Planeten und ihrer lichtreflectirenden Kraft. Gegenwärtig aber ist man gezwungen, diese letzteren als Ausnahmen von der Regel anzusehen. Die mittlere lichtreflectirende Kraft des Mars ist etwa derjenigen des weissen Sandsteines gleich, während sie bei den äusseren Planeten jene des Spiegelmetalls noch übertrifft und 0,7 von der des frisch gefallenen Schnees beträgt. Es ist gegenwärtig kaum einem Zweifel unterworfen, dass dasjenige, was wir von den äusseren Planeten, vom Jupiter ab, wahrnehmen, nicht einer festen Oberfläche, sondern einer dichten, wolkigen Umhüllung angehört. Jene Riesenplaneten sind wahrscheinlich noch nicht in den Zustand der Consistenz übergegangen, welchen wir bei den innerhalb der Asteroidenzone kreisenden Wandelsternen als erwiesen annehmen können.

Bei Aufzählung der Fortschritte unserer Kenntnisse des Universums sind wir aus der Fixsternsphäre in das Sonnengebiet hinabgestiegen; die Erwähnung der Kometen und Meteorsteine versetzt uns wieder in jene zurück. Die letzten Jahre haben das Unrichtige der vornehmen Ausschliessung vom Gebiete der Astronomie nachgewiesen, mit welcher einzelne sonst verdienstvolle Forscher, die Wissenschaft von den Sternschnuppen und Meteoriten bedacht. Durch die Untersuchungen von Schiaparelli und Leverrier ist die kometarische Bahn grosser Sternschnuppenschwärme nachgewiesen worden und fernere Forschungen haben ihre Identität mit den Haarsternen selbst gezeigt. Leverrier hat gefunden, dass einzelne Meteorschwärme unserm Sonnengebiete aus den Tiefen des Weltraumes zugegangen, dass sie Errungenschaften desselben sind. Aber die Dauer ihrer Existenz, ebenso wie die der Kometen im Allgemeinen, kann nicht mit jener der altersgrauen Planeten verglichen werden.

Haben wir so versucht, in einem gedrängten Bilde eine kurze Uebersicht der Hauptmomente im Entwicklungsgange der modernen Astronomie zu entwerfen, so war die Möglichkeit einer solchen Schilderung nur mit der Bedingung ihrer Unvollständigkeit gegeben. Das Specielle und Vollständigere kann nur in dem Werke selbst geliefert werden. Es erübrigt noch, hier der leitenden Principien zu gedenken, welche bei Eintheilung und Behandlung des riesenmässig angewachsenen Materials maassgebend gewesen sind.

Wenn die Betrachtung der Natur im Kosmos anhebt mit den fernsten Nebelflecken, die in mächtigen Teleskopen noch aufglimmend erkannt werden, und von dort stufenweise hinabsteigt zu den um einen gemein-

samen Schwerpunkt kreisenden vielfachen und den sporadischen Fixsternen, dann von hier aus übergeht zum Sonnensysteme und seinen einzelnen Gliedern; so ist der Weg, den die vergleichende Himmelsbeschreibung einschlägt, ein wesentlich anderer. Er beginnt indess nicht, der populären Anschauung gemäss, mit der Erde, die man in stolzer Voreingenommenheit Jahrtausende hindurch als den Mittelpunkt der Welt betrachtete; sondern mehr dem Entwicklungsgange der modernen Wissenschaft folgend, hebt die Naturbeschreibung des Himmels an mit dem Sonnensystem und seinen Gliedern, um hierauf zu dem Fixsternhimmel überzugehen, vom Speciellen zum Allgemeinen. Es wird zuerst geschildert: der Sonnenball, der Ursitz von Licht und Wärme, ohne welch' letztere, wie besonders Boussingault's Untersuchungen gezeigt haben, kein vegetatives Leben an der Erdoberfläche möglich wäre; es wird die Entfernung, Grösse, das Volum und die Dichtigkeit der Sonne behandelt, es werden die physischen Processe auf ihrer Oberfläche beleuchtet. Daran reihen sich die Planeten mit ihren Monden und der mildleuchtende Schimmer des Thierkreislichtes. Hierauf werden die Kometen, zuletzt die Meteorite (Feuermeteore) behandelt. Die Untersuchungen über den Ort des Sonnensystems im Weltraume und seine translatorische Bewegung, werden am besten zugleich mit dem Fixsternhimmel besprochen. Auch dasjenige, was den Raum erfüllt, und von dem wir heute noch so wenig wissen, das aber zweifellos von der grössten Bedeutung für die Geschichte des Sonnensystems ist, der Aether, dessen Existenz schon Newton auf empirische Wahrnehmungen des Ausströmens von Kometenschweifen gestützt, anzunehmen geneigt war, und die später Encke's Untersuchungen über die verkürzte Periode des Kometen von 1204 Tagen Umlaufszeit, wahrscheinlich gemacht hat; auch alles dies wird, in seiner Verbindung mit verwandten Gegenständen, zugleich mit der Fixsternwelt abgehandelt. Bei Betrachtung des Sonnensystems kann man sich der Untersuchung entschlagen, ob Encke's Widerstand leistendes Mittel identisch ist mit dem Aether des Physikers, durch dessen ungleiche Verdichtung nach verschiedenen Richtungen hin in einzelnen Körpern, die wundervollen Erscheinungen doppelter Brechung hervorgerufen werden, durch dessen Vermittlung die Schwingungszustände des Lichtes und der Wärme vor sich gehen. Für jetzt darf man also noch die Frage unentschieden lassen, ob es einen Aether gibt im Aether.

Nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens umfasst das Sonnengebiet, von dem unser Planet einen integrirenden Bestandtheil bildet, neben dem Centralkörper:

114 Hauptplaneten.
5 Mondsysteme (mit 18 einzelnen Trabanten).
Einen Ring dunstartiger Materie, das Thierkreislicht.
57 in elliptischen Bahnen einhergehende Kometen.
Unzählbare Schaaren von Feuermeteoren, zum Theil mit den Kometen identisch.

Eignes Licht besitzen neben dem Centralkörper nur einzelne (vielleicht alle) Kometen und periodisch, durch elektromagnetische Processe, der Erdball. Dagegen bleibt es ungewiss, ob das secundäre Licht der Venus ein Product eigner Lichterzeugung oder blosse Reflexerscheinung ist. Der Halbmesser des ganzen Sonnengebietes beträgt 37,000,000,000 Meilen, wenn nämlich dem Kometen I. 1850, wirklich eine Umlaufszeit von 28,800 Jahren zukommt. Jener Halbmesser aber ist ungefähr $^{1}/_{120}$ von der durch Henderson und Maclear so genau gemessenen Entfernung des hellen Fixsternes α Centauri.

Die empirische Zusammenstellung der Bahnen und Grössenverhältnisse der Planeten, die Vergleichungen ihrer Volumina und Massen mit den mittleren Abständen von der Sonne, womit sich Humboldt viel im Kosmos aufgehalten, können hier übergangen werden. Nur gelegentlich wird später Einzelnes über die Reihenfolge der Satellitenabstände mitgetheilt. Derartigen spielenden Vergleichungen fehlt gegenwärtig noch jede wissenschaftliche Basis; sie regen zugleich an die Phantasie und den Geist, ohne ihnen indess Befriedigung zu gewähren; sie sind wissenschaftlich ohne Nutzen.

Die Sonne.

Die Sonne, eine Weltleuchte, nach Copernicus' bildlichem Ausdrucke wie auf einem königlichen Throne, bildet, wenn auch nicht, wie Theon der Smyrnäer sich ausdrückte, das Herz des Universums, so doch das Herz eines Weltenorganismus, dessen äussere Begrenzung wir noch nicht kennen. Nicht allein sind es die nimmer lösbaren, schweren Banden der Anziehung, welche das Planetensystem an den Sonnenkörper ketten: durch Aussendung des Lichtes und der Wärme unterhält er organisches Leben an der Oberfläche der Erde, und selbst im Innern unseres Planeten erzeugt die strahlende Sonnenwärme (nach den neuesten Ergebnissen der physikalischen Geologie) im Vereine mit der Gravitation, Bewegungen der starren Massen, die als Vulcanicität donnernd und tosend den sorglosen Bewohner der Oberfläche zu schreckensvoller Flucht treiben, und die äussere Gestaltung des Bodens, wie die Natur der Gesteine, aus denen er besteht, mannichfach umwandeln. Sonnenlicht und Sonnenwärme bewirken mächtige chemische Processe in den untersten Theilen der Atmosphäre, und gewaltige meteorologische Veränderungen in den höheren Regionen unseres Luftmeeres. So lange uns die Sonne scheint ist vegetatives Leben, ist Fortschritt und menschliche Cultur möglich; mit dem Erlöschen des letzten Sonnenstrahles bricht die Nacht geistigen und körperlichen Unterganges an.

Die Bestimmung der Entfernung des Sonnenmittelpunktes vom Centrum der Erde ist eine Aufgabe, deren befriedigende Lösung nur praktische, keine theoretischen Schwierigkeiten involvirt.

Vier Methoden sind angewandt worden, die Sonnenentfernung zu ermitteln, nämlich:

1. Parallaxenbestimmung des Mars bei seinen Oppositionen.
2. Parallaxenmessung der Venus bei ihren Durchgängen vor der Sonnenscheibe.
3. Lichtgeschwindigkeitsmessungen in kurzen Distanzen.
4. Bestimmungen aus Mondgleichungen.

Vor Richer's Reise nach Cayenne existirten nur Muthmaassungen über die Sonnenentfernung. Ptolemäus, Copernicus und selbst Tycho schätzten sie ziemlich willkürlich zu 1200 Erdradien; Kepler nahm dafür 3500, Riccioli 7000, Hevel 5000 Halbmesser der Erde an. Halley schätzte, mehr von philosophischen Speculationen als eigentlichen Beobachtungen ausgehend, die Sonnenparallaxe zu 12,5″, entsprechend einer Distanz von 16,500 Erdradien. Die Vergleichung der Marsbeobachtungen, welche Richer auf seiner mehrfach so bedeutungsvollen Reise nach Cayenne angestellt, mit den gleichzeitigen Observationen von Picard und Römer in Paris, lieferte den ersten genäherten Werth der Sonnenparallaxe, 9,5″. Später fanden Cassini, Sedillau und Römer auf demselben Wege 9,8″ und Flamsteed kam ebenfalls zu einem Werthe von weniger als 10″. Maraldi leitete aus den Marsoppositionen von 1704 und 1719 die Sonnenparallaxe zu 10″ ab, Pound und Bradley fanden einen noch etwas grössern Werth und Lacaille gelangte durch die Marsbeobachtungen von 1751 sogar zu einer Parallaxe von 10,71″.

Inzwischen hatte Halley bereits 1691 auf die Wichtigkeit der Venusdurchgänge für die Bestimmung der Sonnenentfernung aufmerksam gemacht, und mit Ungeduld erwartete man die nächste ekliptische Conjunction dieses Planeten am 5. Juni 1761. Näheres über diesen und den folgenden Venusdurchgang wird später mitgetheilt werden, hier genügt es an das mittlere Resultat zu verweisen, das 1835 Encke aus einer Untersuchung sämmtlicher zuverlässigen Beobachtungen ableitete, 8,57116″, entsprechend einer mittlern Entfernung von 20,682,000 geographischen Meilen.

Babinet hat von Anfang an dieses Resultat für zu gross erklärt, aber erst Leverrier folgerte aus seinen Untersuchungen mit Evidenz eine grössere Sonnenparallaxe (also eine geringere Entfernung) wie sie Encke gefunden, mit der die von Laplace mittels einer Mondlängengleichung abgeleitete von 8,6″ sehr nahe übereinstimmte. In der That gibt die Wiederholung der Encke'schen Arbeit von Powalky, wobei allenthalben die neuesten Elemente zu Grunde gelegt wurden, eine Parallaxe von 8,860″. Allein viele andere Thatsachen, unter denen auf die Berechnung der Sonnenentfernung aus Bestimmungen der Lichtgeschwindigkeit durch Beobachtungen auf der Erde, noch später zurückgegriffen wird, zeigen, dass die Parallaxe wahrscheinlich noch grösser ist. Die nachstehende Tafel enthält die vorzüglichsten neuerdings erhaltenen Werthe der Sonnenparallaxe:

Leverrier	8,950″	19,805 000 geogr. Meilen
Hansen	8,916	19,875 000 „ „
Winnecke	8,964	19,770 000 „ „
Foucault	8,942	19,825 000 „ „
Stone	8,924	19,860 000 „ „
Hall	8,850	20,023 000 „ „
Powalky	8,860	20,009 000 „ „
Mittel . .	8,915	19,884 000 geogr. Meilen

Die Unsicherheit dieses mittlern Resultats übersteigt aller Wahrscheinlichkeit nach nicht èin halbes Zehntel Secunde oder 100,000 geogr. Meilen. Der mittlere scheinbare Winkeldurchmesser der Sonnenscheibe ist 32′ 0,9″, übertrifft demnach den Erddurchmesser um das 107,7fache und beträgt 185 200 geogr. Meilen. Die Unsicherheit dieses Resultats ist nicht grösser als 1″ oder etwa 100 geogr. Meilen, so weit dies von der Genauigkeit in der Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers abhängt; aber sie wächst auf ungefähr 1000 geogr. Meilen an, wenn man die Unsicherheit in der Parallaxenbestimmung berücksichtigt. *)

Das Volum der Sonne ist 1,251,000 mal grösser wie jenes der Erde, und da die Sonne 319,500 mal mehr Masse hat als die Erde, so ergibt sich ihre mittlere Dichte zu $^1/_4$ der Erddichte.

Die angeführten Resultate contrastiren wundersam mit den Ansichten der Anhänger des Philosophen Epicur, von denen Kleomedes erzählt, dass sie der Sonne einen Durchmesser von 1 Fuss beilegten, oder mit der Meinung des Anaxagoras, nach welcher die Sonne so gross sei wie der Peloponnes, während Eudoxus dasselbe Gestirn für neunmal grösser als den Mond erklärte. —

Gleich den Planeten dreht sich die Sonne um ihre Axe. Die Ehre der Entdeckung dieser Rotationsbewegung, die man lange Galilei zugeschrieben, gebührt dem Ostfriesen J. Fabricius. Nach dem Zeugnisse des Erzbischofs Dini und Giuchia's geht die erste Wahrnehmung Galilei's nicht über den Monat Mai 1611 hinaus. Damals zeigte der berühmte Physiker im Garten des Cardinals Bandini, nahe beim Quirinal in Rom, verschiedenen hochgestellten Persönlichkeiten die schwarzen

*) Einen definitiven Werth für die Sonnenparallaxe werden erst die beiden nächsten Venusdurchgänge liefern. H. Newcomb hat in einer eigenen Abhandlung einen vorläufigen Mittelwerth für die Parallaxe zu gewinnen gesucht und findet 8,85″ ± 0,013. Wenn ich nicht diesen Werth statt des oben gezogenen Mittels von 8,91″ adoptirte, so geschah dies deshalb, weil Newcomb nicht allein bei seiner Ableitung die bezüglichen Resultate von Hansen und Leverrier übergeht und dadurch auf Nichts reducirt, sondern auch bei den Foucault'schen Versuchen die Struve'sche Aberrationsconstante in Anwendung bringt (was freilich Foucault selbst auch gethan), während heute Niemand mehr zweifelhaft sein kann, dass der Delambre'sche Werth der Wahrheit näher kommen muss.

Flecke auf der Sonnenoberfläche, aus deren Bewegung man die Umdrehung des Sonnenballes erkennt. Indess war ihm Fabricius zuvorgekommen, von dem ein Werk „de maculis in sole observatis“ im Jahre 1611 erschien und dessen Beobachtungen bis zum Anfange dieses Jahres zurückgehen.

Schon die ersten Entdecker fanden aus den Fleckenbeobachtungen, dass die Rotationsdauer der Sonne ungefähr 25 Tage beträgt. Doch ist diese Bestimmung nur eine genäherte, weil die einzelnen Flecke bald wieder vergehen und, wie man schon früh vermuthete, auch neben der Umdrehungsbewegung noch eine eigne Bewegung besitzen. Scheiner machte bereits darauf aufmerksam, dass die dem Sonnenäquator näheren Flecke eine kürzere Rotationszeit liefern, als die entfernteren; aber erst in dem zweiten Viertel des gegenwärtigen Jahrhunderts zeigte Laugier mit voller Gewissheit, dass eine Eigenbewegung der Flecke existirt. Er gelangte zu diesem Resultate, indem er den Bogen auf der Sonnenkugel maass, um welchen mehrere Flecke zu verschiedenen Zeiten von einander entfernt standen. Die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ebene der Erdbahn fand Laugier zu 7° 9′.

Es liegt nahe, zu vermuthen, dass in den Ortsveränderungen der Sonnenflecke, d. h. in den Eigenbewegungen derselben, ein bestimmtes Gesetz sich auspräge; aber bei dem fast gänzlichen Mangel genauer Ortsbestimmungen von Sonnenflecken, konnten erst in der neuesten Zeit durch Carrington und Spörer die Grundlagen geliefert werden, auf denen sich weiter bauen lässt. Diese Beobachter fanden, dass die Flecke der höheren Breiten, also diejenigen, welche weit entfernt vom Sonnenäquator sich befinden, übereinstimmend ein Hinaufrücken nach dem nächsten Pole zeigen, während sie gleichzeitig mit dem ganzen Sonnenballe sich um dessen Axe drehen.

Faye hat aus Carrington's Beobachtungen für die tägliche Bewegung (M) und Rotationszeit (T) der Flecke zwischen 0 und 46 Grad nördl. oder südl. heliographischer Breite folgende Resultate gezogen:

Breite	M	T	Breite	M	T	Breite	M	T
±	′	d	7	855,26	25,256	15	847,06	25,500
0	857,60	25,187	8	854,55	25,277	16	845,65	25,543
1	857,55	25,188	9	853,75	25,300	17	844,16	25,588
2	857,41	25,193	10	852,86	25,327	18	842,58	25,636
3	857,17	25,200	11	851,87	25,356	19	840,93	25,686
4	856,83	25,210	12	850,80	25,388	20	839,20	25,739
5	856,40	25,222	13	849,64	25,423	21	837,40	25,794
6	855,88	25,238	14	848,39	25,460	22	835,53	25,852

Breite	M	T	Breite	M	T	Breite	M	T
23	833,58	25,913	31	815,87	26,475	39	795,31	27,159
24	831,58	25,975	32	813,43	26,555	40	792,61	27,252
25	829,51	26,040	33	810,95	26,636	41	789,90	27,346
26	827,38	26,107	34	808,42	26,719	42	787,18	27,440
27	825,18	26,176	35	805,85	26,804	43	784,44	27,536
28	822,93	26,248	36	803,26	26,819	44	781,69	27,633
29	820,63	26,322	37	800,64	26,979	45	778,95	27,730
30	818,27	26,398	38	797,99	27,068	46	876,22	27,827

Als mittlere Rotationszeit nimmt Spörer 25,2345^d oder 25 T. 5 St. 38 M. an. Nach demselben Astronomen ist die Neigung des Sonnenäquators 6° 57′ und die Länge seines aufsteigenden Knotens (für 1866,5) 74° 36′. Letzterem Resultate kommt unter allen früheren das von Laugier erhaltene 75° 8′ (für 1840 gültig) am nächsten, während Lalande 1776 dafür 78° angab und in der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts Wichmann etwa 84° fand. Auch die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik gibt Laugier nur 12′ grösser an als Spörer.

Betrachtet man die Gestalt der Flecke genauer und unter Anwendung sehr starker Vergrösserungen, so ergibt sich, dass dieselbe niemals eine auch nur annähernd regelmässige ist. Sie zeigen sich eckig und zerrissen, gleichsam wie ausgeschnitten, manchmal auch durch lichte Streifen überbrückt und meist von einer minder dunklen Hülle, dem Halbschatten, Hof oder der sogenannten Penumbra umgeben, welche oftmals die Contour des eigentlichen Kernflecks in allgemeinen Zügen wiederholt. Letzterer ist nicht, wie man früher glaubte, scharf abgegrenzt, eben so wenig wie die umgebenden Höfe. Die scharfen Grenzen vieler Flecke sind nur scheinbare, hervorgerufen durch schwache Vergrösserung und ein zu dunkles Blendglas. Bei Anwendung starker Vergrösserungen erscheinen die Grenzen der Flecke eben so wenig scharf, wie diejenigen unserer Haufenwolken.

Die Grösse dieser Gebilde ist sehr verschieden. Man findet sie von den kleinsten, nur in sehr kraftvollen Fernrohren sichtbaren Punkten an, welche sporadisch und ohne Halbschatten auftreten, bis zu jenen grossen Flecken, deren Ausdehnung die Oberfläche unserer Erde häufig um ein Vielfaches übertrifft und die bisweilen dem blossen Auge sichtbar sind.

Nach Tobias Mayer ist ein schwarzer Punkt auf weissem Grunde noch sichtbar, wenn sein scheinbarer Durchmesser 34″ beträgt; nimmt man jedoch wegen der Irradiation der Sonne 60″ an, so wird jeder Fleck mit blossem (aber geschütztem) Auge gesehen werden, dessen Durchmes-

ser 3 bis $3^1{}_2$ mal den Erddurchmesser an Grösse übertrifft, und solche Flecke sind nicht selten. Schwabe führt 1865 sechs Flecke an, die mit blossem Auge erkannt wurden. Ein am 26. März 1864 von Heis beobachteter Fleck besass einen Hof, der den Messungen zufolge um das Sechsfache die ganze Erdoberfläche übertraf.

Was die allgemeine Vertheilung der Flecke auf der Sonnenscheibe betrifft, so erscheinen sie am grössten zwischen dem 5. und 30. Grade nördlicher und südlicher Breite, kleiner um die beiden Sonnenpole und den Aequator herum. In Folge dieser Contraste hat sich lange die Meinung erhalten, die Flecke seien innerhalb jener Zonen auf der Sonnenoberfläche am häufigsten. Oft wird die Sonne als fleckenfrei angegeben, während in der That eine sehr grosse Menge kleiner und schwacher Flecke existiren, die sich bisweilen selbst bis in die unmittelbare Nähe der beiden Sonnenpole erstrecken, aber nur in guten Fernrohren sichtbar sind. Freilich sind grössere Flecke in höheren heliographischen Breiten überaus selten, wie z. B. derjenige, den Lahire unter 70 Grad nördlicher heliographischer Breite gesehen haben soll.

Jene kleinen Flecke sind niemals so dunkel wie die grösseren, sondern bloss matter als die mattesten Höfe; sie erscheinen als ein dunkles von Lichtnebel überwogtes Terrain. Nicht immer bleiben sie jedoch in diesem Stadium der Entwicklung; bisweilen nimmt ihre Grösse und Deutlichkeit zu, meist aber verschwindet das Gebilde schnell und unmerklich. Im Allgemeinen treten die Flecke nicht einzeln, sondern in grösseren Gruppen zusammen auf, welche dann nicht selten gemeinsam von einem einzigen Hofe umschlossen werden. Spörer hat gefunden, dass die eigne Bewegung der einzelnen Flecke einer Gruppe nicht für alle die gleiche ist. Im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts bemerkte bereits Silberschlag, dass einzelne Sonnenflecke eine Art rotirender Bewegung um sich selbst besitzen, doch ist dies Phänom erst neuerdings genauer beobachtet und sicher constatirt worden durch den fleissigen Sonnenbeobachter Weber in Peckeloh. Derselbe erkannte deutlich die bald vorwärts bald rückwärts oscillirende Bewegung gewisser Flecke, die besonders bei ganzen Gruppen sehr complicirt erscheint und auf verschiedene Strömungen an der Sonnenoberfläche hinweist. Aehnliches wollen bald darauf auch englische Beobachter bemerkt haben.

Während die Dauer der kleinsten Flecke, die von einigen Beobachtern auch Poren genannt werden, eine sehr beschränkte ist, haben die grösseren Flecke im Allgemeinen einen längern Bestand. Im Jahre 1779 erhielt sich ein grosser dem blossen Auge sichtbarer Fleck sechs Monate hindurch, und Schwabe in Dessau sah 1840 eine Fleckengruppe während acht Sonnenrotationen wiederkehren.

Obgleich die örtliche Entstehung und Ausbildung der einzelnen Sonnenflecke, so weit sich dies bis jetzt beurtheilen lässt, sehr zufälligen, unregelmässig wirkenden Einflüssen zu unterliegen scheint, so ist doch die Gesammthäufigkeit der Flecke an eine bestimmte und feste Periode

geknüpft, deren Vorhandensein zuerst Schwabe durch langjährige, mit unermüdlicher Sorgfalt angestellte Beobachtungen erwiesen hat.

Derselbe fand, dass seit dem Jahre 1826 die Häufigkeit der Flecken und Gruppen innerhalb eines Zeitraumes von etwa zehn Jahren ab- und zunimmt und Wolf in Zürich hat dieses, eine Zeit lang fast wieder vergessene Resultat, in Folge einer umfassenden Arbeit dahin bestätigt, dass jene Periode $11^1/_6$ Jahre beträgt, ein Jahrhundert also fast gerade neun Perioden umfasst.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate von Schwabe's Beobachtungen bis herab zur Gegenwart.

Jahr	Zahl der Beobachtungstage	Zahl der Fleckengruppen	Zahl der fleckenfreien Tage	Jahr	Zahl der Beobachtungstage	Zahl der Fleckengruppen	Zahl der fleckenfreien Tage
1826	277	118	22	1847	276	257	0
1827	273	161	2	1848	278	330	0
1828	282	225	0	1849	285	238	0
1829	244	199	0	1850	308	186	2
1830	217	190	1	1851	308	151	0
1831	239	149	3	1852	337	125	2
1832	270	84	49	1853	299	91	4
1833	267	33	139	1854	334	67	65
1834	173	51	120	1855	313	38	146
1835	244	173	18	1856	321	34	193
1836	200	272	0	1857	324	98	52
1837	168	333	0	1858	335	202	0
1838	202	282	0	1859	343	205	0
1839	205	162	0	1860	332	211	0
1840	263	152	3	1861	322	204	0
1841	283	102	15	1862	317	160	3
1842	307	68	64	1863	330	124	2
1843	312	34	149	1864	325	130	4
1844	321	52	111	1865	307	93	32
1845	332	114	29	1866	349	45	76
1846	314	157	1				

Die Untersuchungen von Rudolph Wolf datiren vom Jahre 1852. Neben der bereits damals 26 Jahre umfassenden Beobachtungsreihe Schwabe's, konnte sich Wolf nur auf eine gewisse Anzahl kürzerer Beobachtungsfolgen und vereinzelter Angaben stützen. Durch Auffindung

langjähriger Beobachtungen von Staudacher, Flaugergues, Tevel, Adams u. A. hat sich eine Sammlung von 20,000 Observationen ergeben, welche für eine Reihe von 112 Jahren eine genaue Untersuchung ermöglichen. Die nachfolgende Tabelle enthält die von Wolf berechneten Relativzahlen der Häufigkeit der Flecke und daneben die mittleren jährlichen Declinations-Variationen der Magnetnadel.

Die unten angeführten Relativzahlen sind die Mittelwerthe aller Zahlen, welche für einzelne Tage des betreffenden Jahres nach der Formel:

$$r = a(10g + f)$$

berechnet wurden, in der a einen aus correspondirenden Beobachtungen zu bestimmenden Personalfactor, g die Zahl der Fleckengruppen der Beobachtung zufolge, und f die Summe der einzelnen Flecke dieser Gruppen bezeichnet. Das beigesetzte Fragezeichen deutet mindere Zuverlässigkeit der betreffenden Zahlenangaben an.

Tafel der Sonnenflecke und der magnetischen Declinations-Variation nach Rudolph Wolf.

Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung	Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung
1749	63,8	—	—	1769	85,7	—	—
1750	68,2	—	—	1770	79,4	—	—
1751	40,9	—	—	1771	73,2	—	—
1752	33,2	—	—	1772	49,2	—	—
1753	23,1?	—	—	1773	39,8	—	—
1754	73,8	—	—	1774	47,6?	—	—
1755	6,0	—	—	1775	27,5	—	—
1756	8,8	—	—	1776	35,2?	—	—
1757	30,4	—	—	1777	63,0	11′,2?	Montmorency
1758	38,3?	—	—	1778	94,8	10,0	„
1759	48,6?	10′,76	London	1779	99,2	8,5?	„
1760	48,9	—	—	1780	72,6?	5,5	„
1761	75,0	—	—	1781	67,7	9,12	Mannheim
1762	50,6	—	—	1782	33,2?	8,11	„
1763	37,4	—	—	1783	22,5?	8,77	„
1764	34,5	—	—	1784	4,4?	6,98	„
1765	23,0	—	—	1785	18,3	8,56	„
1766	17,5?	—	—	1786	60,8	14,00	Paris
1767	33,6	—	—	1787	92,8	15,14	„
1768	52,2	—	—	1788	90,6	13,48	„

Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung	Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung
1789	85,4?	12′,6?	London	1825	17,4	9′,67	Paris
1790	75,2?	14,85?	„	1826	29,4	9,76	„
1791	46,1?	12,27?	„	1827	39,9	11,31	„
1792	52,7?	8,87?	„	1828	52,5	11,52	„
1793	20,7?	8,43?	„	1829	53,5	13,74	„
1794	23,9	8,27?	„	1830	59,1	12,40	„
1795	16,5	7,48?	„	1831	38,8	12,17?	„
1796	9,4	8,02?	„	1832	22,5	—	—
1797	5,6	8,30?	„	1833	7,5	—	—
1798	2,8	7,44?	„	1834	11,4	7,79	Göttingen
1799	5,9	7,56?	„	1835	45,4	9,57	„
1800	10,1	7,14?	„	1836	96,7	12,34	„
1801	30,9?	7,74?	„	1837	111,0	12,27	„
1802	38,3?	8,58?	„	1838	82,6	12,74	„
1803	50,0?	9,16?	„	1839	68,5	11,03	Prag
1804	70,0?	8,48?	„	1840	51,8	8,84	„
1805	50,0?	8,72?	„	1841	29,7	7,43	„
1806	30,0	—	—	1842	19,5	6,34	„
1807	10,0	—	—	1843	8,6	6 57	„
1808	2,2	—	—	1844	13,0	6,05	„
1809	0,8	—	—	1845	33,0	6,99	„
1810	0,0	—	—	1846	47,0	7,65	„
1811	0,9	—	—	1847	79,4	8,78	„
1812	5,4	—	—	1848	100,4	10,75	„
1813	73,7	6,56?	London	1849	95,6	10,27	„
1814	20,0?	7,62	„	1850	64,5	9,97	„
1815	35,0?	7,66?	„	1851	61,9	8,32	„
1816	45,5	—	—	1852	52,2	8,09	„
1817	43,5	8,55?	„	1853	37,7	7,09	„
1818	34,1	8,81	„	1854	19,2	6,81	„
1819	22,5	7,77	„	1855	6,9	6,41	„
1820	8,9	7,79	„	1856	4,2	5,98	„
1821	4,3	9,10	Paris	1857	21,6	6,95	„
1822	2,9	8,83	„	1858	50,9	7,41	„
1823	1,3	8,18	„	1859	96,4	10,37	„
1824	6,7	8,20	„	1860	98,6	10,05	„

R. Wolf hat unlängst die früher von ihm gegebene Tafel der Relativzahlen der Sonnenflecke durch Ausdehnung auf die Jahre 1700 bis 1748 und 1861 bis 1867 erweitert. Die für diese Zeiten gefundenen Werthe sind folgende:

Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl
1700	5,0?	1714	9,6	1728	80,0?	1742	18,3
1701	10,0?	1715	24,7	1729	60,0?	1743	14,6
1702	15,0?	1716	39,9	1730	40,0?	1744	5,0?
1703	21,0	1717	52,3	1731	25,0?	1745	10,0?
1704	31,4	1718	50,0?	1732	10,0?	1746	20,0?
1705	48,6	1719	34,0	1733	5,0?	1747	35,0?
1706	25,8	1720	25,3	1734	15,0?	1748	50,0?
1707	18,8	1721	23,8	1735	30,0?	1861	77,4
1708	9,7	1722	20,0?	1736	58,0?	1862	59,4
1709	7,1	1723	10,0	1737	66,0?	1863	44,4
1710	2,5?	1724	19,4?	1738	85,0?	1864	47,1
1711	0,0	1725	34,5	1739	78,0?	1865	32,5
1712	0,0	1726	64,0	1740	60,0?	1866	17,5
1713	2,2	1727	90,0	1741	35,0?	1867	8,0

Aus vorstehender Tabelle ergibt sich sofort ein periodischer Wechsel, sowohl in der Häufigkeit der Sonnenflecke, als in der Grösse der magnetischen Declinations-Variation. Es fallen die Maxima und Minima auf folgende Zeiten:

Maximum der				Minimum der			
Sonnenflecke	Δ	magn. Variation	Δ	Sonnenflecke	Δ	magn. Variation	Δ
1750, ± 1,0		— —	—	1755,7 ± 0,5		— —	—
1761,5 ± 0,5	11,5	— —	—	1766,5 ± 0,5	10,8	— —	—
1770,0 ± 0,5	8,5	— —	—	1775,8 ± 0,5	9,3	— —	—
1779,5 ± 0,5	9,5	— —	—	1784,8 ± 0,5	9,0	1784,5 ± 0,5	
1788,5 ± 0,5	9,0	1787,2 ± 1,0		1798,5 ± 0,5	13,7	1799,0 ± 2,0	13,5
1804,0 ± 1,0	15,5	1803,5 ± 0,5	16,3	1810,5 ± 0,5	12,0	— —	12,4
1816,8 ± 0,5	12,8	1817,5 ± 1,0	14,0	1823,2 ± 0,5	12,7	1823,8 ± 1,0	—
1829,5 ± 0,5	12,7	1829,7 ± 0,5	12,2	1833,8 ± 0,2	10,6	— —	10,2
1837,2 ± 0,5	7,7	1837,7 ± 0,5	8,0	1844,0 ± 0,2	10,2	1844,2 ± 0,5	
1848,6 ± 0,5	11,4	1848,9 ± 0,3	11,2	1856,2 ± 0,2	12,2	1856,3 ± 0,3	12,1
1860,2 ± 0,2	11,6	1860,0 ± 0,3	11,1	(1867,2) —	11,0	— —	—

Auch für die Epochen der Maxima und Minima der Sonnenflecke hat R. Wolf folgende weitere Bestimmungen geliefert:

Maximal-Epochen.	Δ	Minimal-Epochen.	Δ
1615,5 ± 1,5		1610,8 ± 0,4	
1626,0 ± 1,0	10,5	1619,0 ± 1,5	8,2
1639,5 ± 1,0	13,5	1634,0 ± 1,0	15,0
1649,0 ± 1,5	9,5	1645,0 ± 1,0	11,0
1660,0 ± 2,0	11,0	1655,0 ± 2,0	10,0
1675,0 ± 2,0	15,0	1666,0 ± 2,0	11,0
1685,0 ± 1,5	10,0	1679,5 ± 2,0	13,5
1693,0 ± 2,0	8,0	1689,5 ± 2,0	10,0
1705,5 ± 1,0	12,5	1698,0 ± 2,0	8,5
1718,2 ± 1,0	12,7	1712,0 ± 1,0	14,0
1727,5 ± 1,0	9,3	1723,5 ± 1,0	11,5
1738,7 ± 1,0	11,2	1734,0 ± 1,0	10,5
		1745,0 ± 1,0	11,0

Bei den Sonnenflecken findet man aus den äussersten Angaben für die Länge der mittlern Periode 11,095 Jahre, und wenn man die vor 1750 bestimmten Epochen der Maxima und Minima mit hinzuzieht 11,155 ± 0,377 Jahre, für die Länge der einzelnen Perioden aber findet sich der mittlere Fehler ± 1,722. Dies deutet auf eine Periode in der Periode. Wolf hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Beobachtungen auch noch eine grosse Periode von 55,5 Jahren, zusammenfallend mit jener der Nordlichter nach Fritz, anzeigen. Unabhängig von Wolf kam ich selbst bei Untersuchung des gesammelten Materials auf

eine analoge Periode von 67 Jahren. Die Zukunft muss entscheiden, welcher Werth von beiden der richtigere ist.

Die magnetische Declinations-Variation hat höchst wahrscheinlich eine ähnliche Periode. Im Ganzen zeigen beide Phänomene eine so überraschende Uebereinstimmung, dass Wolf mit Recht schliessen durfte, es finde zwischen ihnen ein Causalnexus statt der Art, dass an beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Scalen abgelesen werden könne.

Die Beobachtungen von Balfur-Stewart und Tait, welche sich auf die Zu- und Abnahme der Grösse einzelner Flecke beziehen, haben bis jetzt kein sicheres Resultat geliefert. Die Beobachter schliessen aus den Zeichnungen, dass stets die unter demselben Längengrade auf der Sonnenoberfläche befindlichen Flecke in gleichem Sinne sich verändern, d. h. entweder gleichzeitig an Grösse zu- oder abnehmen. Balfur-Stewart erklärt diese angenommene Thatsache aus den Stellungen der Planeten Merkur und Venus, denen eine gewisse Wirkung auf Entwicklung der Flecke beigelegt wird. Doch ist die Thatsache einer gleichzeitigen Zu- oder Abnahme aller Flecke unter demselben heliographischen Längengrade, noch keineswegs sicher festgestellt, um so weniger also die dafür gegebene Erklärung. Gleiches gilt von der Wahrnehmung Sömmering's, dass auf der Sonne unter gewissen Meridianstreifen viele Jahre hindurch keine Flecke entstehen.

Die Sonnenflecke erscheinen im Allgemeinen dem beobachtenden Auge schwarz, in verschiedenen Abstufungen der Dunkelheit; nichtsdestoweniger sind sie dennoch hell und Herschel schätzte ihre Lichtintensität (ziemlich gewagt) auf 0,007 des Sonnenlichtes. Nun ist nach den sehr genauen Messungen Zöllner's die Sonne 618000 mal heller als der Vollmond; sonach würde also ein schwarzer Kernfleck noch immer 4000 mal mehr Licht ausstrahlen, als eine gleichgrosse Fläche des Vollmondes. Diese Resultate sind zwar nur rohe Annäherungen, aber man wird ihre principielle Richtigkeit nicht bestreiten können, wenn man erwägt, dass das blendende Drummond'sche Kalklicht, auf die Sonnenscheibe projicirt, als dunkler Fleck erscheint. Im Vergleich mit der Scheibe Merkurs, bei dessen Durchgängen vor der Sonne, wird die Farbe der Flecke als licht braungrau angegeben. Directe Versuche von J. E. Busolt am grossen Königsberger Heliometer, bei denen das Sonnenbild auf eine Scheibe hellsten und feinsten Gypses fiel, zeigten die Flecke in schönstem dunkelviolett, umgeben von einem prächtig gelben Hofe, den ein zweiter hellgelber umgab. Die Sonne selbst erschien mit farbloser Grundfläche, welche durchweg hellviolett gesprenkelt war.

Neben den mehr oder minder dunklen Sonnenflecken und meist in der Nähe derselben, zeigt die Sonnenoberfläche auch hellere Stellen, Sonnenfackeln genannt. Die Gestalt derselben ist sehr mannichfaltig; meist zeigen sie sich als mehr oder minder zusammengedrängte, rundliche For-

men, oft aber auch als lange, aderartig verlaufende Lichtstreifen, die am deutlichsten in der Mitte der Sonnenscheibe wahrgenommen werden.

Die Fackeln sind am häufigsten in den beiden Fleckenzonen, doch zeigen sich Lichtadern nach Schwabe bis in die Nähe der beiden Sonnenpole. Der bereits mehrfach genannte eifrige Sonnenbeobachter Weber, hat aus seinen langjährigen, aufmerksamen Beobachtungen, im April 1867 zuerst folgende Schlüsse gezogen, die, wenn sie sich, wie zu vermuthen steht, bestätigen, ein wichtiges Licht auf die in der Sonne vor sich gehenden Processe werfen dürften. „In der elfjährigen Fleckenperiode macht die ganze Sonnenhülle durch die in ihr vor sich gehenden Aufwallungen, Revolutionen u. s. w. von den Polen her eine solche Wandlung durch, dass sie, wie in ihr die die Fackeln erzeugenden Kräfte gegen den Aequator hin nachlassen und somit das Ende der Periode herbeiführen, bereits andere und ähnliche um die Angelpunkte zu wirken begonnen haben und somit eine neue Curve, deren Höhepunkt zwischen dem 20. und 40. Grade der Breite liegen mag, zu verwirklichen trachten.“

Wie alles uns sichtbare Detail auf der Sonnenoberfläche, so sind auch die Fackeln von vorübergehender Dauer; doch hat es sich bestätigt, dass grosse Fackelbezirke häufig länger existiren, wie Fleckengruppen.

Der Zusammenhang zwischen Fackeln und Flecken ist noch nicht in allen Beziehungen klar erkannt; meist folgt den kranzartigen Fackeln nach einigen Tagen die Entstehung einer Fleckengruppe. Bei den so häufig vorkommenden aderartigen Lichtwellen erscheint zuerst eine trübe, narbenartige Stelle und aus dieser entwickelt sich häufig ein einzelner oder mehrere kleine Flecke. Wenn die Fackeln nicht zu nahe am Sonnenrande stehen, so kann man oft an der sich steigernden Lichtintensität den Ort erkennen, wo ein Fleck aufbrechen wird. Ueberhaupt erscheint die Sonnenoberfläche bei starken Vergrösserungen fast allenthalben verschieden hell, sie besitzt durchaus keinen gleichförmigen Glanz. Die kleinsten Poren sind nach Herschel in stetem Wechsel begriffen, und werden durch wenig leuchtende Massen von einander getrennt, die allmählich in intensiver strahlende übergehen. Dawes hat jedoch solche Punkte bisweilen stundenlang bei 400- bis 600facher Vergrösserung beobachtet, ohne eine Veränderung wahrzunehmen. Dagegen findet solche allerdings statt in der unmittelbaren Nähe der Flecke, welche sich mit ungeheurer Schnelligkeit vergrössern und verkleinern, besonders dort, wo lichte Massen schnelle Strömungen beginnen und leuchtende Brücken bilden, die oft quer über grosse Flecke hinlaufen. Nach Dawes gehen diese hellen Streifen von der äussern hellen Schicht aus und projiciren sich auf den Halbschatten, ohne sich mit den weniger leuchtenden Schichten zu vermischen.

Nachdem wir im Vorhergehenden das Allgemeine in der Erscheinung der licht- und wärmestrahlenden Sonnenoberfläche, wie sie sich unter den normalen Verhältnissen dem spähenden Auge des Forschers darstellt, betrachtet haben, wenden wir uns zu den Erklärungen, die man

im Laufe der Jahrhunderte, nach dem jeweiligen Standpunkte der Kenntnisse, von der physischen Beschaffenheit eines Weltkörpers gegeben hat, der nahezu 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist.

Abgesehen von den wilden Speculationen der Alten und des Mittelalters — von denen hier nur an die Meinung des Cardinals Cusa erinnert sei, dass die Sonne ein der Erde vergleichbarer Körper wäre, von einem Lichtkreise umhüllt, während in der Mitte sich ein Gemisch wässeriger Wolken und klarer Luft, wie bei unserer Atmosphäre, befinde — konnten sich wissenschaftliche Ansichten über die Natur des leuchtenden Sonnenballes erst dann zu entwickeln beginnen, als man denselben genauer zu sehen, zu beobachten vermochte. So beginnen eigentliche Theorien über die Beschaffenheit der Sonne erst nach Erfindung des Fernrohres.

Sonderbar genug hielt man bei aller sonstigen Verschiedenheit der Ansichten, bis auf die neueste Zeit herab an der Meinung fest, der eigentliche Sonnenkörper sei dunkel und werde in einem gewissen Abstande von einer leuchtenden Hülle, der Photosphäre, umgeben.

Galilei erklärte die Sonnenflecke als Wolken, die in dem Lichtmeere schwimmen. Dominicus Cassini und Lalande glaubten in den Sonnenflecken bergartige Erhebungen zu sehen, die von Zeit zu Zeit dadurch sichtbar würden, dass sich das Niveau des Lichtmeeres über dem dunklen Kerne hebe und senke. Lahire nahm an, dass in der leuchtenden Sonnenatmosphäre dunkle Körper umherschwimmen, während Derham nach einer ähnlichen Hypothese die Flecke für Schlacken ansah.

Die Grundlagen einer schulgerechten, systematischen Erklärung gab indess erst der Astronom von Glasgow, Alexander Wilson, im Jahre 1774, nachdem er beobachtet hatte, wie der Hof eines grössern Flecks seine scheinbare Ausdehnung in dem Maasse veränderte, als sich der Fleck selbst dem Sonnenrande näherte. Wilson schloss, dass die Sonnenflecke trichterförmige Oeffnungen oder Einsenkungen von der leuchtenden, bezüglich ihrer Consistenz einem dichten Nebel vergleichbaren Photosphäre, bis herab zur dunklen Sonnenkugel bilden, und dass der Hof durch die steilen Seitenwände des Trichters erzeugt wird. Diese Theorie, obgleich sie im Anfange sehr vielen Widerspruch, besonders von Lalande, der sich eben sehr eifrig mit der Sonne beschäftigte, erlitt, fasste jedoch festen Fuss, als sich ihr W. Herschel mit einigen Modificationen anschloss. In zwei Abhandlungen in den Philosophical Transactions 1795 und 1801, entwickelte dieser grosse Astronom die Ansichten, zu denen er seit 1779 gelangt war. Nach ihm ist der dunkle Sonnenkörper von einer zweifachen Dunst- oder Wolkenschicht umhüllt. Die äussere bildet die leuchtende Photosphäre, welche sich vielleicht im Zustande eines perpetuirlichen Nordlichtes befindet; die innere, welche etwa 70 bis 80 Meilen über der wahren Sonnenoberfläche schwebt, ist nicht selbstleuchtend, sondern wird nur durch die Photosphäre erhellt. Vom Sonnenkörper steigt fortwährend ein elastisches Fluidum unbekannter Art auf und erzeugt die Poren in der Schicht der lichtreflectirenden Wolken, darauf

verbindet es sich mit anderen Gasen und bildet in der Region der leuchtenden Wolken die Rillen. Bei heftigen, stürmischen Wirkungen aber, wenn beide Hüllen in weiter Ausdehnung durchbrochen werden, entstehen die Kernflecke, von denen schon vor Herschel, 1776, der Berliner Astronom Bode annahm, dass sie mehr oder weniger dunkel erscheinen, je nachdem die Oeffnung über sandigem oder felsigem Boden oder über Meeren steht.

Uebrigens hat schon vor Wilson, im Jahre 1770 der Pfarrer M. Schülen zu Essingen in Würtemberg, gestützt auf eigne Beobachtungen die Sonnenflecke als Oeffnungen und Abgründe auf der Sonnenoberfläche dargestellt, genau in derselben Weise, wie dies von Wilson geschehen ist.

Später hat Arago die Wilson-Herschel'sche Theorie weiter ausgeführt. Nach dem gegenwärtigen Stande der astronomischen Kenntnisse, sagte dieser berühmte Physiker 1852, besteht die Sonne 1) aus einem dunklen Centralkörper; 2) aus einer ungeheuren Wolkenschicht oder Hülle, welche in einem gewissen Abstande über dem dunklen Sonnenballe schwebt und denselben allseitig umgiebt; 3) aus einer Photosphäre, d. h. einer leuchtenden Schicht, welche die Wolkenhülle ebenso umschliesst, wie diese ihrerseits den dunklen Kern umhüllt; 4) haben die Finsternisse von 1842, 1850 und 1851 auf die Spur einer dritten Umhüllung der Sonne geleitet, welche oberhalb der Photosphäre liegt und aus dunklen, oder doch nur schwach leuchtenden Wolken besteht. Schon früher hatte Arago nachgewiesen, dass das von einem festen oder flüssigen glühenden Körper unter hinreichend kleinem Winkel emanirende Licht Eigenschaften besitzt, die das Licht brennender gasförmiger Körper nicht besitzt. Wenn bei directer Ansicht die Ränder der beiden Sonnenbilder, welche im Polariskop erscheinen, farbig sind, so rührt das Licht derselben von einem flüssigen Körper her, wenn sie dagegen ihre natürliche Weisse behalten, von einem gasförmigen. Da sich niemals unter diesen Umständen eine Spur von Färbung gezeigt hat, so ist, schliesst Arago, die leuchtende Materie der Sonne gasförmig.

Einer der eifrigsten Sonnenbeobachter, Schwabe, sagt: „Die Sonne halte ich mit Herschel für einen dunklen, planetenartigen Körper, dessen gebirgige Oberfläche der unserer Erde wegen der häufig ringförmigen Gestalt der Sonnengebirge aber besonders jener des Mondes ähnlich zu sein scheint. Durch die starke Anziehungskraft der Sonne hat sich der materielle Lichtstoff des Weltraumes um sie angesammelt, auf ihre dichte Atmosphäre gelagert und bei ihren Gebirgen stärker angehäuft, wie dies mit unseren Wolken bei der Atmosphäre und bei den Gebirgen der Erde der Fall ist. Wo nun aus physischen Gründen der Lichtstoff sich verdünnt oder ganz theilt, treten die Sonnenflecke auf. Gewiss ist die sich stets gleichbleibende, kreisförmige Gestalt der Kernflecke nicht zufällig, sondern durch die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche bedingt. Auch die prachtvollen Zeichnungen der Höfe und der unregelmässigen Nebel, die, wie ich mich hinreichend überzeugt habe, aus unzähligen der klein-

sten und grösseren Poren bestehen, haben wohl einen gleichen Ursprung."

Nach Brewster ist die Photosphäre, welche die Quelle des Sonnenlichtes bildet, nicht gleichzeitig die Quelle der Wärme. Man kann sich, so behauptet dieser berühmte Gelehrte, schwerlich vorstellen, dass leuchtende, leicht bewegliche, in fortwährenden Veränderungen begriffene Wolken die Quelle jener Gluth seien, welche die Sonne ausströmt, auch würde die schwache untere Wolkenschicht nicht hinreichen, den dunklen Kern vor den zerstörenden Wirkungen der obern Gluthhülle zu schützen. Brewster ist der Ansicht, dass das Licht von der den Sonnenkern umgebenden Hülle ausgeht, dass aber die Wärmestrahlen vom Kerne selbst emaniren. Hierin liegt nach ihm auch der Grund, weshalb Licht und Wärme verbunden erscheinen und ferner, weshalb fleckenreiche Jahre eine höhere Temperatur zeigen als Jahre, in welchen die Sonne meist ohne grössere Flecke erscheint. Diese letztere Bemerkung kann indess heute nicht mehr zugegeben werden. Nach den Untersuchungen von K. Fritsch und Gautier, worauf unten zurückgekommen wird, ergiebt sich, dass, wie schon vor 250 Jahren Baliani annahm, einer Zunahme der Sonnenflecke eine Temperaturerniedrigung entspricht und umgekehrt.

Das bisher Angeführte kennzeichnet den Standpunkt unserer Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit, wie er bis vor Kurzem noch war und auf dem eine gewisse Anzahl von Astronomen selbst augenblicklich noch beharrt. Die Sonne gilt hierbei als an und für sich dunkel und die Flecke entstehen durch trichterförmige Oeffnungen in der Photosphäre.

Gewiss unzweifelhaft aber ist es, dass, wäre die Wilson'sche Hypothese nicht bereits adoptirt gewesen, die neueren Beobachtungen mit besseren Fernrohren und Messapparaten kaum zu ihr hingeleitet hätten. Jene excentrische Kernstellung in der Nähe der Sonnenränder führt nur bei Anwendung mittelmässiger Fernrohre auf die Idee einer Niveaueinsenkung. Wendet man starke Vergrösserungen an, so wird eine Menge Detail sichtbar, und bisweilen erscheint die Penumbra gerade auf der dem Sonnencentrum zugekehrten Seite breiter (aber schwach) als auf der entgegengesetzten, eine Thatsache, die sich freilich in Wilson's Fernrohren nicht constatiren liess. Spörer bemerkt ausdrücklich, dass bei dem Auftreten der Gruppen am Ostrande die vorangehenden westlichen, meist stärker entwickelten Theile einer Gruppe in den beiden fleckenreichen Gürteln oft gerade auf der westlichen Seite die beträchtlichere Hofentwicklung haben, wofür die Erklärung künftig wohl in gleicher Weise wird gegeben werden können, wie für die entgegengesetzte Hofstellung zweier nahe bei einander stehender Flecke, deren Weber aus seinen Beobachtungen mehrfach gedenkt. Diese Hofstellung tritt auch nicht selten bei grösseren und weiter von einander entfernten Flecken ein. Schwabe fand aus langjährigen Beobachtungen, dass sich ein Fleck meist vom Ostrande her vergrössert, dass dagegen die Abnahme von Westen her beginnt.

Die Wilson'sche Theorie gibt einen neuen Beweis dafür, wie leicht sich fehlerhafte Vorstellungen unbemerkt in die Wissenschaft einschleichen und dort festsetzen können. In der That, wenn der Kern der Sonne sich nicht in Hitze befinden sollte, sondern verhältnissmässig kalt und dunkel wäre, so würde dies voraussetzen, dass die den Kern schützende Wolkenschicht die Hitze der Photosphäre so vollkommen abhielte, dass auch nicht die geringste Spur innerhalb einer gegebenen Zeitdauer durchdränge. Denn indem sich die geringsten Mengen wegen bald gänzlich fehlender Ausstrahlung, im Laufe der Jahrtausende vermehrten, müsste nothwendigerweise doch endlich eine hohe Temperatur entstehen. Nehmen wir aber auch wirklich eine Wolkenschicht an, die selbst innerhalb Jahrtausenden keine Wärme auf den Kern gelangen liesse, so würde solche doch schon durch den unzählige Male sich wiederholten Process trichterartiger Oeffnungen von grossen Dimensionen und vieltägiger Dauer endlich in solcher Intensität sich auf dem Kern anhäufen müssen, dass dieser schliesslich der Photosphäre an Gluth nicht nachstände. Kirchhoff sagt sehr richtig: „Die (Wilson'sche) Hypothese scheint mir in solchem Grade sicheren physikalischen Erkenntnissen zu widersprechen, dass sie selbst dann verworfen werden müsste, wenn man nicht im Stande wäre, die Erscheinungen der Sonnenflecken auf eine andere Weise auch nur einigermaassen begreiflich zu machen."

Kirchhoff und Bunsen bewiesen 1859 durch Untersuchungen, welche die Frage für immer entschieden, dass wenigstens die hellen Natriumlinien im Sonnenspectrum durch correspondirende dunkle vertreten sind, ja jene hellen Linien erschienen sofort ebenfalls dunkel, als die beiden Experimentatoren Sonnenlicht, Drummond'sches Kalklicht, oder das Licht eines auf elektrischem Wege glühend gemachten Platindrahtes durch die Natriumflamme führten. Kirchhoff gab die Erklärung dieser Erscheinung durch die Annahme, dass diejenigen Strahlen von der Natriumflamme absorbirt werden, welche die nämliche Brechbarkeit besitzen wie jene, die sie selbst aussendet. Diese Erklärung ist ein specieller Fall des allgemeinen, durch Kirchhoff ausgesprochenen Satzes: Bei allen Strahlengattungen (Wärme- wie Lichtstrahlen) ist das Verhältniss zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen für jeden Körper bei derselben Temperatur das gleiche. Hieraus ergibt sich sofort die Folgerung, dass ein glühender Körper, welcher nur Lichtstrahlen von bestimmten Wellenlängen aussendet, auch nur Lichtstrahlen derselben Wellenlängen absorbirt, und sonach wird klar, wie der Chemiker eine Analyse der Sonnenatmosphäre geben kann. In Kirchhoff's Untersuchungen haben sich bis jetzt folgende Körper als auf der Sonnenoberfläche vorhanden erwiesen: Eisen, Kupfer, Zink, Barium, Natrium, Kalium, Kalcium, Magnesium und Chrom, vielleicht auch Kobalt und Nickel; nicht vorhanden in für uns wahrnehmbarer Menge sind: Gold, Silber, Quecksilber, Aluminium, Kadmium, Zinn, Blei, Antimon, Arsen, Strontium, Silicium und Lithium. Bezüglich der Grundzüge der Spectralanalyse haben Kirchhoff und Bunsen Vorgänger

gehabt, in consequenter Anwendung derselben auf die Untersuchung der Himmelskörper, ist ihnen Niemand vorausgegangen. Dies gilt auch selbst wenn die Bemerkung Thomson's richtig ist, dass Stokes schon um 1852 geäussert habe, dass auf der Sonne Natrium sich befinde und man vielleicht aus den dunklen Linien des Sonnenspectrums auf die chemische Beschaffenheit der Sonne werde schliessen können. Solche Hypothesen haben neben den vollendeten Beweisen keinerlei Recht auf Prioritätsansprüche, um so mehr als Stokes seine Ansicht niemals veröffentlicht hat.

Die Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen über den glühenden Zustand der Sonne haben, besonders in der ersten Zeit, bei den Astronomen wenig oder gar keinen Anklang gefunden. Man fürchtete sich fast zu der als absurd verurtheilten Galilei'schen Ansicht über die Sonnenflecke zurückzukehren, nachdem die optischen Verkürzungen der Höfe beim Näherrücken an den Sonnenrand von Wilson gedeutet, von Herschel und Arago gutgeheissen, und von Humboldt im Kosmos angenommen worden waren. Es gehört mehr als gewöhnliche Aufmerksamkeit dazu, um durch die Beobachtungen eine gründliche Prüfung der Wilson'schen Theorie zu geben. Wilson's Untersuchungen selbst waren sehr wenig zahlreich und nothwendig mit allen Unvollkommenheiten ihrer Zeit behaftet. Herschel adoptirte von vornherein die Theorie des Glasgower Astronomen, und seine mächtigen Teleskope haben uns über die Sonne streng genommen ebenso wenig Positives gelehrt, als über den Mond. Weshalb? ist heute schwer mit Gewissheit zu entscheiden. Arago hat leider! niemals selbst genaue und länger andauernde Beobachtungen der Sonnenflecke angestellt, und Humboldt hielt sich ausschliesslich an seines Freundes Angaben. Die Mehrzahl der lebenden Astronomen hatte sich aber auch niemals eingehender mit der Sonne beschäftigt, besonders waren genaue Ortsbestimmungen der Flecke gänzlich vernachlässigt worden, und man hatte sich auf diese Weise einer wichtigen Stütze bei Erklärung jener Gebilde begeben. Darf man sich nach alledem zu sehr wundern, dass, wenn ein Physiker, der niemals am grossen parallactischen Fernrohre die Sonnenflecke im Detail verfolgt hat, neue Ansichten über die Natur der Sonne vorbringt, diese astronomischerseits unbeachtet bleiben? Vielleicht wäre dem noch heute so, wenn nicht Spörer in Anklam der Beobachtung der Sonnenflecke in Beziehung auf die physische Constitution unseres Centralgestirns, seine ausschliessliche astronomische Thätigkeit gewidmet.

Lalande war zwar schon zu dem Ausspruche gekommen, dass die Wilson'schen Hofstellungen durchaus nicht bei allen Flecken vorkämen, auch sei die Erscheinung in keinem Falle deutlich genug, um einem Systeme als Grundlage zu dienen, aber seine Einwürfe wurden, seltsam genug, wenig beachtet. Erst Spörer wies nach, dass in den Fällen, wo solche Gestaltänderungen der Höfe eintreten, dieselben ganz anderen Ursachen ihr Dasein verdanken. Der Astronom von Anklam führt eine grosse Anzahl von Beispielen auf, aus denen ein Beobachter, der nicht die fort-

währenden Veränderungen der Flecke verfolgt hätte, leicht den Schluss ziehen konnte, die Stellung des Hofes entstehe nach Wilson's Theorie, während indess die ununterbrochene Beobachtung der Entstehung und Ausbildung des Flecks lehrt, dass dies nicht der Fall ist, vielmehr die excentrische Hofstellung von physischen Vorgängen auf der Sonnenoberfläche abhängt. Die Flecke sind nach Spörer, in Uebereinstimmung mit Kirchhoff, Wolkenmassen, die in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmen. Die Sonnenfackeln hält Spörer für Theile der Sonnenoberfläche, über welchen die Flecke sich befinden. „Es ist nicht zu läugnen," sagt der genannte Beobachter, „dass die am Sonnenrande von Fackeln umgebenen Flecke den Eindruck machen, als befänden sie sich in einer Vertiefung, zwischen glänzenden Bergen. Diese Erscheinung wird man indessen als eine durch die glänzenden Flächen hervorgerufene optische Täuschung ansehen müssen, weil wir doch nur ein völlig ebenes Bild betrachten. Nun aber hat Secchi am 5. August 1865 beobachtet, dass die Fackeln,, an den Westrand tretend, als kleine Hervorragungen und Unregelmässigkeiten über den Sonnenrand hinaustraten, worin er den entscheidenden Beweis dafür sah, dass die Fackeln bergartige Erhöhungen sein müssten. Nach den gemachten Angaben würden diese Berge sogar noch die Höhevon 24 geographischen Meilen übersteigen. Wie aber neben solchen Gluthbergen noch dunkle Massen, die Flecke, bestehen können, ist nicht wohl erklärlich. Wir betrachten die Flecke als wolkenartige Gebilde, entfernt oberhalb heller Flächen, oberhalb der Fackelflächen, und denken diese als eine von Stürmen bewegte Nebelschicht, welche indess in Folge der Schwerkraft nicht zu solchen Wellenbergen aufgetrieben werden könne, deren Höhe für uns noch messbar oder wahrnehmbar wäre. Der Beobachtung Secchi's können wir aber durch folgende Betrachtung Genüge leisten. Als nothwendige Folge der Strahlenbrechung einer Sonnenatmosphäre ist anzusehen, dass ringsum am Rande der Sonne noch ein feiner Saum hervortreten muss, welcher der abgewandten Sonnenseite angehört. Ob wir unter gewöhnlichen Umständen etwas von diesem Saume sehen, oder ob sich derselbe in besonderen Fällen (z.B. Airy's Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss im Jahre 1842*) bemerklich gemacht hat, lassen wir ausser Acht und erwägen nur, dass jedenfalls der äusserste Theil des feinen Saumes, welcher schon durch die Lichtschwächung in der Son-

---

*) Airy sagt hierüber in seinem Berichte: „Ich betrachtete eben mit aller Aufmerksamkeit vor dem Verschwinden des Sonnenrandes den übrig bleibenden schmalen Lichtfaden, der sich schnell zusammenzog; ich sah den Mondrand auf der Sonne fortrücken und diese gänzlich verdecken. Einen Augenblick wandte ich mich vom Fernrohre weg, da hörte ich meinen Begleiter (der mit blossem Auge die Sonnenfinsterniss betrachtete) bemerken, dass die Sonne bald verschwinden würde. Ich sagte: sie ist schon verschwunden. Als er indess versicherte, sie sei noch nicht weg, brachte ich das Auge ans Fernrohr und sah mit dem grössten Erstaunen abermals den schmalen Lichtfaden, aber schwächer als zuvor. Ich beobachtete wieder, wie der Mond vorrückte und die Sonnenscheibe gänzlich zudeckte, mit anderen Worten: Ich sah die Totalbedeckung zweimal."

nenatmosphäre sehr matt ist, bei Anwendung eines Blendglases unsichtbar bleiben muss. Wenn aber auf der uns abgewandten Sonnenseite, auf dem durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume, intensive Fackeln vorhanden sind, so werden solche Stellen uns sichtbar sein können, und alsdann die Erscheinung von Hervorragungen über den Sonnenrand gewähren. In dieser Beziehung erinnere ich an Beobachtungen von mir, bei welchen intensive Fackeln noch hervorleuchteten, als sich der Himmel so dicht bezogen hatte, dass kaum noch der Sonnenrand zu erkennen war. Fackeln von solcher Intensität, wie in dem angegebenen Falle beobachtet wurden, werden auf jenem feinen, durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume ohne Zweifel auch durch ein Blendglas oder bei Projection des Sonnenbildes erkennbar bleiben. Bei der Beobachtung Secchi's, am 5. August 1865, waren aber Fackeln von ausgezeichneter Intensität vorhanden."

Wenn in der That die Flecke tiefer als die leuchtende Sonnenoberfläche lägen, so müsste sich dies bei Berechnung der beobachteten Fleckenörter zeigen. Weil nämlich bei der Rechnung der Sonnenhalbmesser um so viel zu gross angenommen wird, als die Flecke tiefer liegen, müssten in Folge dessen die heliographischen Längen der Flecke nahe am Ostrande zu gross, nahe am Westrande zu klein ausfallen. Faye glaubt in der That aus Carrington's Beobachtungen derartige Längenverschiebungen nachweisen zu können, doch besitzen diese Beobachtungen keineswegs die erforderliche Genauigkeit, um so feine Unterscheidungen zu gestatten, und auch Spörer's Messungen sprechen dagegen. Dieser letztere Beobachter bemerkt noch, dass in Folge der in der Sonnenatmosphäre stattfindenden Strahlenbrechung der Sonnenhalbmesser vergrössert erscheint, die Fleckenörter also mit einem zu grossen Sonnenradius berechnet werden, der aber gerade, weil die Flecke oberhalb der hellen Sonnenfläche sich befinden, näherungsweise der richtige sein kann.

Unter Annahme der Kirchhoff-Spörer'schen Sonnentheorie lassen sich auch allein nur die merkwürdigen Wahrnehmungen gegenseitiger Bedeckung zweier Sonnenflecke erklären, ein Phänom, das neuerdings, am 12. März 1864, von Weiss in Wien beobachtet wurde. An jenem Tage, Nachmittags $2^3/_4$ Uhr, stand auf der Sonnenscheibe eine aus zwei nahe gleichgrossen, behoften Flecken bestehende Gruppe, von denen der zweite von der Penumbra des vorangehenden zum Theil verdeckt wurde. Eine Täuschung konnte um so weniger angenommen werden, als die Fleckengruppe mit verschiedenen Vergrösserungen und verschiedenen Sonnengläsern beobachtet wurde und die Erscheinung unverändert blieb. Am folgenden Tage um $8^1/_2$ Uhr Morgens waren die Flecke bereits so weit auseinandergetreten, dass sich ihre Penumbren nur noch eben berührten, und in den folgenden Tagen nahm der gegenseitige Abstand zu.

Faye ist unter den Ersten zu nennen, die neuerdings gegen die hier adoptirte Sonnentheorie in die Schranken getreten sind. Nach ihm sind die Sonnenflecke Vertiefungen von 0,01 bis 0,02 des Sonnenhalbmessers. Er verwirft die Kirchhoff'sche Erklärung der Entstehungsweise der

Flecke durch locale Abkühlungen; allein die von dem französischen Astronomen beigebrachten Gegengründe sind, wie Kirchhoff treffend bemerkt, deshalb ohne Bedeutung, weil Faye die wahre Sonnenoberfläche, die sogenannte Photosphäre, im Auge hat und sie der Sonnenatmosphäre substituirt. Faye glaubt, der eigentliche Sonnenkern sei gasförmig, aber in Folge sehr geringen Emissionsvermögens so lichtschwach, dass er für uns neben der Sonnenhülle dunkel erschiene. Allein in diesem Falle müsste wegen der Relation zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen, der Kern zugleich durchsichtig sein, was durchaus nicht stattfindet. Diesem gewichtigen Einwande gegenüber hat Faye ganz neuerdings seine Theorie durch die Annahme haltbar zu machen gesucht, dass zwischen dem Kerne der Sonne und der Photosphäre, sich Schichten befinden, welche kälter sind als diese letztere. Die nothwendige Ursache dieser kälteren Schichten liegt nach dem französischen Astronomen in der Wirkung der inneren Strömungen auf die Temperatur derjenigen Schichten, welche sie durchdringen. Die aus dem Innern der Sonne gegen die Photosphäre sich erhebenden Ströme erzeugen durch ihre rasche Ausdehnung Kälte, und diese Wärmeabsorption wird, nach Faye's Ansicht, keineswegs durch die Wärme compensirt, die durch Compression der niedersteigenden Ströme entsteht, da diese aus festen (?) Körpern bestehen, welche gegen das Sonnencentrum fallen. Faye glaubt, dass durch solche Hinzuziehung der Thermodynamik zum Studium der Phänomene der Sonne alle Einwürfe gegen seine Theorie beseitigt seien; allein sie hängt darum nichts weniger in der Luft, denn Spörer's neueste Untersuchungen (wie z. B. seine „Behandlung eines ausgezeichneten Sonnenflecks, der im Jahre 1867 vom 9. Sept. bis zum 11. Dec. beobachtet wurde“ in den Monatsberichten der K. Pr. Akademie zu Berlin 1868, Maiheft) sind der Tiefenparallaxe ganz und gar ungünstig.

Schliesslich verdient noch die Theorie Zöllner's der Erwähnung. Dieser Physiker sieht in den Sonnenflecken ungeheure Schlackenmassen (ähnlich wie früher Derham); auch glaubt er, dass der Einfluss der Refraction in der Sonnen-Atmosphäre auf die Gestalt der an ihrer Oberfläche wahrgenommenen Objecte, ein nicht zu vernachlässigender sei. In letzterer Beziehung hat indess Spörer nachgewiesen, dass der Einfluss einer Strahlenbrechung durch die physischen Veränderungen auf der Sonnenoberfläche weit überwogen werde, und was die Natur der Flecke anbelangt, so zeigen ihr ganzes Aeusseres, ihr Auftreten und ihre Veränderungen weit grössere Uebereinstimmung mit einem wolkenartigen Zustande, als mit jenem ungeheurer Schlackenfelder. —

Es ist höchst merkwürdig und verdient als charakteristisch hervorgehoben zu werden, dass die Lehre von der Sonnenumhüllung nach Wilson, zu den nämlichen Ineinanderschachtelungen greifen muss, als die Lehre des Ptolemäus von der Sonnenbewegung. Wie hier immer neue Epicyklen, so müssen dort immer neue Umhüllungen herbeigeholt werden. So schloss Secchi aus seinen Beobachtungen gelegentlich der Sonnen-

finsterniss vom März 1858, dass es ausser den bereits angenommenen Wolkenschichten noch eine Umhüllung von Materie gäbe, welche, indem sie sich auf den Kern projicirt, eine wolkige Beschaffenheit verräth und vielleicht (?) Ursache der Protuberanzen sei. Chacornac geht noch weiter und spricht von verschiedenen derartigen Schichten, sich berufend auf eine Beobachtung des grossen, am 12. März 1858 sichtbaren Flecks, wo im Kern sehr deutliche Wolken erschienen, die einen Eindruck hervorbrächten, als seien sie die Endpunkte mehrerer übereinanderliegender Schichten. Dagegen läugnet Noel sämmtliche Wolkenschichten. Nach ihm ist die Photosphäre homogen und die Halbschatten entstehen durch schief ausströmendes Licht. Als Beweis zu dieser Behauptung führt er an, dass in der Nähe des Sonnenrandes, wo uns die eine Hälfte der Penumbra fast senkrecht Licht zusendet, diese heller erscheint und sich scharf vom Dunkel des Kernes abscheidet. Diese Theorie der Halbschatten wird durch eine einzige Bemerkung widerlegt: Die Höfe bestehen aus unzähligen der kleinen und kleinsten Flecke. —

Die Ansicht, dass die Sonne kein, unserer Erde vergleichlicher, bewohnbarer Weltkörper, sondern eine unermessliche in höchster Gluth befindliche Masse ist, findet ihre weitere Bestätigung in gewissen Beobachtungen, welche bei Gelegenheit von (totalen) Sonnenfinsternissen angestellt worden sind; wir werden uns daher jetzt mit diesen letzteren zu beschäftigen haben.

Die älteste historisch beglaubigte Erwähnung einer Sonnenfinsterniss, datirt aus dem Jahre 2158 vor Beginn unserer Zeitrechnung, und findet sich im Schuking der Chinesen. Es ist die nämliche Finsterniss, wegen deren unrichtiger Berechnung die beiden Hofastronomen Hi und Ho mit dem Tode bestraft wurden. Als nähere Umstände gibt das Capitel Intsching des Schuking an, dass die Finsterniss am ersten Tage des dritten Herbstmonats nach dem Kalender der Hia eingetreten sei, und dass ausserdem Sonne und Mond sich im Sternbilde Fang befunden hätten, das zwischen den Rectascensionskreisen von α und ξ Scorpii liegt. Man hat lange, aber mit Unrecht, an der Realität dieser Finsterniss gezweifelt; die neuesten Sonnen- und Mondtafeln haben die Richtigkeit der Angaben des Schuking und nebenbei auch das immense Alter chinesischer Civilisation durchaus bestätigt.

Die vielgenannte, angeblich von Thales vorherbestimmte totale Sonnenfinsterniss, die eintrat im sechsten Jahre des Krieges zwischen Aliattes von Lydien und Kyaxares von Medien, hatte nach den Untersuchungen von Zech, Airy und Hind am 28 Mai 584 v. Chr. statt. Neuerdings hat Barth auf seiner Reise in Kleinasien, Ueberreste einer bildlichen Darstellung der Finsterniss aus damaliger Zeit in den Felssculpturen von Boghaskoei westlich vom Meridian von Sinope aufgefunden.

Nach Plutarch's Erzählung brach sich die richtige Anschauung der Sonnenfinsternisse als einfacher Verdeckungen durch den Mond, in Athen erst im Jahre 413 v. Chr. Bahn.

Die Vorausberechnungen der Alten gründeten sich auf eine näherungsweise Nacheinanderfolge der Finsternisse in einer Periode von 18 Jahren, während welcher 41 Sonnen- und 29 Mondfinsternisse vorfallen. Da diese Nacheinanderfolge jedoch nur eine näherungsweise genaue ist, so mussten die darauf gestützten Vorausberechnungen nur rohe Annäherungen sein, die nicht weiter mit unseren heutigen Berechnungsmethoden verglichen werden können. —

Schon die uralte Wahrnehmung, dass beim Eintritt totaler Verfinsterungen nicht immer, wie man doch erwarten müsste, eigentlich nächtliche Dunkelheit herrscht, lässt wichtige Folgerungen über die Umhüllung des leuchtenden Sonnenballes zu.

Die Finsterniss des Agathokles und jene, von der Plutarch berichtet, erzeugte eine so bedeutende Dunkelheit, dass allenthalben am Himmelsgewölbe Sterne erschienen. In der 1596 erschienenen Braunschweigischen und Lüneburger Chronica von M. Heinricus Bünting heisst es: „Anno 1187. Im selbigen Jahr ist am 4. tage Septembris ein solche grosse schreckliche Finsterniss der Sonnen geschehen, dass man die Stern am Himmel hat sehen können," und ferner: „Im nechstfolgenden 1544 Jahr ist am 24. tag des Jenners, die Sonne auff II. Punkten verfinstert worden, zu Morgends umb neun uhr, und war die Finsterniss so schrecklich, dass die Thier auff dem Felde, und die Vöglin in der Lufft sich dafür entsetzeten."

Clavius erzählt, dass bei der totalen Sonnenfinsterniss am 21. August 1560, die Dunkelheit in Coimbra so gross war, dass man nicht sah, wo man den Fuss hinsetzte, und die Vögel aus der Luft herabfielen.

Louville erkannte bei einer totalen Finsterniss im Jahre 1715 selbst einzelne Sterne von der 2ten Grösse, und Gleiches berichtet Ulloa gelegentlich einer ähnlichen Finsterniss, die er 1778 auf dem Meere beobachtete.

Die Sonnenfinsterniss am 19. November 1816, welche in einem Theile von Pommern total war, erzeugte bloss eine Dunkelheit, die derjenigen der Dämmerung ähnlich war.

Bei Gelegenheit der Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1842 erkannte man in Perpignan bloss 4 oder 5 der helleren Sterne; ähnlich zu Montpellier, Digne, Lodi, Novarra und Venedig; die Dunkelheit war also nicht sehr bedeutend. Zu Grätz bemerkte man, nachdem die Bedeckung sechszöllig war, kaum eine Verringerung des Tageslichtes; als aber die Sonnenscheibe zu drei Viertel bedeckt wurde, war die in der Atmosphäre eintretende Unruhe unverkennbar. Die bis dahin windstille Luft machte einem bemerkbaren und kühlen Winde Platz, welcher sich von Westsüdwest her bewegte. Aus den umliegenden Thälern stieg schnell ein weissgrauer Nebel empor, jedoch konnte man noch nicht von einer eigentlichen Dämmerung sprechen, bis an der Sonne nur mehr eine schmale Sichel wahrzunehmen war. Um diese Zeit ereignete sich ein schneller Uebergang von der Helle zur Dunkelheit. Die Gesichter der zahlreich versammelten Zuschauer erschienen in fahler Farbe, die Berge im Westsüdwest mit dem sich schnell verdickenden Nebel waren in tiefes Schwarz gehüllt, wie es durch Gewitter-

wolken nie hervorgebracht wird, doch konnte man noch Gedrucktes lesen. In den Wolken bemerkte man den Weg des mit überraschender Schnelligkeit herbeirückenden Mondes. Am östlichen Horizonte, bis zu einer Höhe von 20 Grad, zeigte sich eine feurige, dunkle Röthe, mit einer darüber lagernden gelben Farbe, wie sie selbst bei der Morgen- und Abendröthe selten erscheint. Als der erste Sonnenstrahl wieder hervortrat, zog sich dieser Saum langsam nach Südost, Süd und Nordwest zurück und ging allmählich in Weiss über.

In Perpignan bemerkte man während derselben Finsterniss, dass sich am Horizonte über dem Meere ein breiter, orangerother Streifen befand. In Narbonne machte sich eine bleigraue und blasse Färbung bemerklich, ein olivenfarbiger, grauer Schein, der über die Natur gleichsam einen Trauerschleier warf. In Digne erschienen die Gesichter der Personen bleich und gleichsam grünlich, einigermaassen ähnlich der eigenthümlichen Färbung, welche sie bei Beleuchtung durch eine mit Kochsalz getränkte Weingeistflamme annehmen. In Lodi sah man nach Norden und Süden hin, etwa 15 bis 20 Grad hoch, einen kupferfarbenen Gürtel, während höher hinauf der Himmel ohne Abstufung in eine dunkelviolette Azurfarbe überging. Diese letztere wurde von den Wassern des Po und Leccosees reflectirt und ertheilte ihnen ein bleifarbiges Ansehen, welches Schrecken einflösste.

Bei der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860, welche von einer grossen Anzahl Astronomen in Spanien beobachtet wurde, erhielt das Tageslicht erst einen röthlichen, dann blassgelben Schimmer. Ueber dem Horizonte erschien der Himmel bleifarben, in grösseren Höhen schwarzblau. Als die totale Finsterniss vollständig eingetreten war, erleuchtete ein ungewohntes Licht mit schwachem Scheine die, aller directen Sonnenstrahlen beraubte Gegend; man wusste nicht, woher es kam und nirgend gewahrte man, dass es nur den allergeringsten Schatten warf.

Die am 31. December 1861 eingetretene totale Verfinsterung beobachtete Schmidt auf dem Berge Polyphengos im nördlichen Peloponnes. Am Tage der Finsterniss selbst wurde es vollkommen trübe und die Sonne kam nicht zum Vorscheine. Undurchdringliches Gewölk überzog den Himmel zur Zeit der Bedeckung, nur im fernen Südosten streifte Sonnenlicht durch die Ebene von Argos. Dort blieb der Sonnenschein in drei langen, feuerfarbigen Reihen, immer mehr erblassend, wie die Finsterniss zunahm. Um $4^1/_2$ Uhr kam ein Windstoss aus Südwest, zwanzig Minuten später herrschte schaurige, graubraune Finsterniss, in welcher sich Bleistiftschrift schwierig lesen liess. Um 4 Uhr 55 Minuten ward es rasch heller, und sogleich fiel Regen und Hagel herab. Die Dämmerung aber blieb hell genug, um ohne Laterne an den Felsen in das Aropos-Thal hinabzusteigen.

Die totale Sonnenfinsterniss vom 25. April 1865 wurde in der Stadt Conception (Chile) von Capelletti beobachtet. Die Dunkelheit war, vielleicht in Folge des Nebels, etwa so stark als eine Stunde nach Sonnen-

untergang. Alle Gegenstände nahmen eine grüne Färbung an, welche Schrecken erregte. Ein regenbogenartiger Bogen erschien in 30 Grad Entfernung von der Sonne und verschwand, als die Finsterniss aufhörte total zu sein. Die Einwohner der Stadt bemerkten deutlich den Lauf des Mondschattens durch den Nebel, ein Phänom, das ihnen Entsetzen erregte. De Prados, der dieselbe Finsterniss in Rio de Janeiro beobachtete, sagt, dass die Luft eine in Violett übergehende Bleifarbe zeigte und das Meer geschmolzenem Blei glich. Bei der totalen Finsterniss vom 18. August 1868 war die Dunkelheit nicht sehr gross. Zu Whatonne sahen die französischen Astronomen nur fünf Sterne und der Schatten der Hütte, in der sie beobachteten, war fortwährend sichtbar. Von der Höhe eines benachbarten Berges erblickte Pierre, um die Zeit der Totalität, elfmal parallele Streifen, die senkrecht zum Horizont über Meer und Himmel sich verbreiteten und nach und nach von gewöhnlichem Roth in Purpurviolett übergingen.

Die österreichischen Beobachter bei Aden bemerkten eine Art undulirenden Rauchs, was vielleicht mit den schon früher bemerkten undulirenden Bewegungen des Lichtes zusammenfällt, deren Schmidt in seinem Berichte über die totale Sonnenfinsterniss vom Jahre 1851 ebenfalls gedenkt.

Plantadé und Clapiès machten gelegentlich der Finsterniss am 12. Mai 1706 eine Bemerkung, die bis jetzt vielleicht zu wenig beachtet worden ist. Die Beobachter sagen, dass sich während des Verlaufs der Bedeckung, die Farbe der Gegenstände änderte. Bei einer Verfinsterung von 8 Zoll erschien Alles gelborange, bei etwas über $11^1/_2$ Zoll roth ins Weingelbe spielend. Es muss durch künftige Beobachtungen entschieden werden, ob man es hier mit einem objectiven oder vielleicht nur mit einem in Folge der Helligkeitsabnahme auftretenden subjectiven Phänomen zu thun hat. Bei der Finsterniss am 15. März 1867 war ich auf diesen Punkt sehr aufmerksam, habe aber zur Zeit der grössten Phase (9,2 Zoll für Köln) nichts dergleichen bemerkt. Der Himmel erschien theilweise von Cumulis bedeckt, dieselben behielten ebenso wie die ganze Gegend ihre natürliche Färbung.

Der Eindruck, den die seltsame Beleuchtung bei totalen Sonnenfinsternissen auf die Thierwelt macht, ist bisweilen ein sehr bedeutender, in anderen Fällen aber reducirt er sich auf Null. So nahm z. B. bei der totalen Sonnenfinsterniss, die Caldecott zu Parrat in Ostindien beobachtete, die Thierwelt von dem Phänom nicht die geringste Notiz, ebensowenig nach Avvedi und Balsamo in Mailand 1842. Dagegen sollen 1415, wie Riccioli erzählt, die Vögel vor Schrecken aus der Luft herabgefallen sein. Nach Louville's Bericht über die Finsterniss von 1715 legten sich die Pferde, welche auf dem Felde pflügten oder auf der Landstrasse gingen, nieder, und waren nicht von der Stelle zu bringen. Bei Gelegenheit der Finsterniss von 1842 sind eine Menge zum Theil sich widersprechender Beobachtungen über das Verhalten der Thierwelt angestellt

worden, aus denen sich ergibt, dass dieselbe keineswegs, wie man früher anzunehmen geneigt war, eine Vorahnung des Phänoms besitzen. Das Gleiche haben alle späteren Beobachtungen bestätigt.

Aus den vorgenannten Beobachtungen zieht man mit Recht den Schluss, dass selbst bei totalen Sonnenfinsternissen noch ein gewisses Licht die aller directen Beleuchtung beraubten Punkte der Erde erhellt. Aber woher stammt dieses Licht? Es ist nicht möglich, dasselbe der Erde zuzuschreiben, obgleich man wohl bisweilen phosphorescirende Nebel bemerkt hat, und das schwache diffuse Licht, welches in stern- und mondlosen Herbstnächten bisweilen unsere Schritte leitet, sicherlich ein Product irdischer Lichterzeugung ist, ebenso wie der stille magnetische Lichtprocess gewisser Wolken, den ich häufig zu beobachten Gelegenheit gehabt. Man hat die Ursache jener eigenthümlichen Erleuchtung vielmehr in dem Lichtkranze zu suchen, der bei totalen Sonnenfinsternissen die dunkle Mondscheibe ähnlich einer Glorie zu umgeben scheint. Dieser Lichtkranz, oder die Corona, ist ohne Zweifel, wie schon Kepler vermuthete, der äusserste Theil der leuchtenden Sonnenatmosphäre. Man hat die Corona bisher noch bei jeder totalen Verfinsterung gesehen, aber die Winkelausdehnung derselben wird sehr verschieden angegeben. Dem äussern Anscheine nach ist die Farbe der Corona weiss. Man könnte freilich aus der violetten oder ins Olivengrüne spielenden Färbung der Erde und des Himmels während der totalen Verdeckungen auf eine analoge Farbe der leuchtenden Corona schliessen, und dieser also ein violettweisses Ansehen ertheilen; indess hat schon Arago darauf aufmerksam gemacht, dass während der Sonnenfinsternisse das Zenith durch eine Menge von Strahlen erleuchtet wird, die aus den unteren Regionen der Atmosphäre kommen, das Luftmeer also zweimal durchlaufen und eine grössere Absorption des Blau erlitten haben. Diese Erklärung findet in der That eine Stütze an der merkwürdigen von Liais und de Prados bestätigten Wahrnehmung Janssen's, dass gelegentlich der ringförmigen Finsterniss am 6. März 1868 die von der Erdatmosphäre herrührenden Linien des Spectrums, bedeutend schärfer wie gewöhnlich hervortreten.

Gelegentlich der Finsterniss von 1706 berichten Plantadé und Clapiès: Als die Sonne total bedeckt war, erschien der Mond von einem blendend weissen Lichte umgeben, das um seine Scheibe einen Kranz von 3 Minuten Durchmesser bildete. Innerhalb dieser Grenzen besass das Licht eine gleiche Intensität, die hierauf in einen schwachen Schein überging, der um den Mond einen Kreis von etwa 4 Grad im Halbmesser bildete und sich alsdann allmählich verlor.

Im Jahre 1715 sah Halley bei der Verfinsterung einen perlweissen Ring um den Mond, dessen Durchmesser er auf $^1/_5$ bis $^1/_6$ des Mondhalbmessers schätzte. Louville beobachtete in London genau das nämliche Phänom. Beide Beobachter glaubten den Mittelpunkt des Ringes auf das Mondcentrum beziehen zu müssen, allein 1724 fand Maraldi unzweifelhaft, dass die Corona mit dem Sonnenmittelpunkte concentrisch sei.

Bei der Verfinsterung am 24. Juni 1778 zeigte sich nach Ulloa die Corona in einer Breite von 1/3 des Mondradius und verschwand 4 bis 5 Secunden vor dem Wiedererscheinen der Sonne. Derselbe Beobachter glaubte das Ganze in einer schnellen Kreisbewegung um seinen Mittelpunkt erblickt zu haben, was jedenfalls nur eine optische Täuschung war.

Bowditsch und Ferrer sahen die Corona am 18. Juni 1806; sie war nach dem letztgenannten Astronomen 6 Minuten breit, perlweiss und mit der Sonne concentrisch. Von dem äussern Rande des hellen Ringes gingen Strahlen aus bis zu 3 Grad Länge.

Bei der totalen Sonnenfinsterniss von 1842 erschienen diese Strahlen in Montpellier, nach den Beobachtungen von Peytal, verschlungen wie ein Pack Hanfhede. Mayette in Perpignan bemerkte verschiedene derselben, die auf dem Mondrande nicht senkrecht standen, so dass sie in ihrer Verlängerung weder durch den Mittelpunkt des Mondes noch durch denjenigen der Sonne gehen konnten; nach den Wahrnehmungen von Dalbiez in Perpignan, würden sogar mehrere den Mondrand tangiren. Die Länge solcher Strahlen erscheint in einzelnen Fällen ganz ungemein verschieden. Flaugergues schätzte sie 1842 auf mehr als 1 Grad, und Otto Struve und Schidloffsky sahen in Lipezk Strahlenbündel, die vom Mondrande aus gerechnet 3 und selbst 4 Grad lang erschienen. Doch scheinen diese letzteren (ebenso wie in Ferrer's früherer Beobachtung) nicht eigentlich der Corona selbst anzugehören, denn sie hatten genau das Ansehen jener Lichtstreifen, die bisweilen am Himmel entstehen, wenn die Sonne schräg durch eine Oeffnung in den Wolken hindurchscheint, und sind daher wahrscheinlich blosse optische Erscheinungen und den Dünsten unserer Atmosphäre zuzuschreiben. Spörer nimmt dies nach der Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 sogar für alle Strahlen in der Corona an.

Die eigentliche Corona besteht, den Beobachtungen zufolge, aus zwei Theilen. Der innere Ring, welcher die dunkle Mondscheibe zunächst umgibt, ist von geringer Breite und schärfer begrenzt; von ihm gehen meist die Strahlenbüschel aus, welche den minder hellen blassen Ring durchziehen. Mauvais fand für seine Breite 1842 2 Minuten, Regnaud zu Toulon ebenfalls 2 Minuten, Airy schätzte dieselbe auf 4 Minuten. Bei der totalen Finsterniss von 1861 sah man in Rio de Janeiro fünf parallele Strahlenbüschel aus jenem ersten Ringe auslaufen, kein einziger davon erreichte den Mondrand. In Conception sah man drei dieser Büschel, von denen der hellste einen blendenden Glanz verbreitete. Die Corona selbst erschien 1842 in Lipezk so intensiv hell, dass die gewöhnlichen Leute behaupteten, es habe nur eine ringförmige Finsterniss stattgefunden. Mit solcher Helligkeit stimmt allerdings die Wahrnehmung überein, dass die Corona bisweilen schon gesehen wurde, ehe die Sonne ganz bedeckt war. Dies fand z. B. 1842 in Montpellier statt, wo das Phänom sechs Secunden vor dem völligen Verschwinden bemerkt wurde, ebenso in Salon und Alais, wo die Corona erschien, trotzdem die Finsterniss nicht total war. Auch nach dem Wiedererscheinen der Sonne blieb die Corona bisweilen mehrere Secunden lang

sichtbar; so 1842 in Marseille, wo Valz beobachtete, während sie 1850 auf Honolulu, einer der Sandwichinseln, sofort mit dem Wiedererscheinen des ersten Sonnenstrahles verschwand. Hind sah 1851 die Corona noch fünf Secunden nach dem Ende der totalen Verfinsterung, Brünnow erblickte sie in Frauenburg sogar nach mehrere Secunden hindurch mit blossem Auge, als die Sonnenscheibe schon hinter dem Monde hervorgetreten war.

Am 18. Juli 1860 sahen mehrere Beobachter die Corona kurze Zeit vor Beginn und nach Beendigung der Phase der Totalität.

In Concepcion blieb am 15. April 1865 die Corona noch volle 36 Secunden nach dem Aufblitzen des ersten Sonnenstrahles sichtbar. Dagegen verschwand die Erscheinung in der frühern Beobachtung des Admirals Don Ulloa 1778 schon mehrere Secunden vor dem Ende der totalen Bedeckung.

Es scheint sich sonach zu ergeben, dass das Licht der Corona nicht beständig gleich hell ist, wenn freilich auch die verschiedene Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels an den Beobachtungsorten von Einfluss ist. Uebrigens bemerkten Struve und Schidloffsky 1842, dass sich das Aussehen der Corona beständig änderte, sie schien in einem Zustande sehr heftiger Bewegung. Schon Halley behauptete 1715, dass das Licht der Corona keinen Schatten werfe, und Gleiches ward 1842 in Perpignan und Padua bemerkt, obgleich man gerade darauf ein besonderes Augenmerk richtete. Dagegen sagt Largeteau, der zu Salon beobachtete, dass er allerdings schwache, aber unzweifelhafte Schatten bemerkt habe. Auch diese Wahrnehmungen lassen sich mit einander in Einklang bringen, wenn man annimmt, dass in der leuchtenden Corona momentane Helligkeitsänderungen vor sich gehen, die freilich vielleicht auch nur durch die Erdatmosphäre bedingte, scheinbare, sein könnten.

Es wurde bereits oben hervorgehoben, dass die Corona nicht dem Monde zugeschrieben werden kann, indem der Mittelpunkt derselben unzweifelhaft mit dem Sonnencentrum zusammenfällt. Indess haben verschiedene Beobachter bei einer Sonnenfinsterniss bisweilen den dunkeln Mondrand wahrgenommen, ehe er sich auf der Sonne projicirte. Am 8. Juli 1842 sah Arago etwa 40 Minuten nach dem Beginne der Finsterniss den dunkeln Mondrand sich deutlich auf dem Himmel abzeichnen; Bouvard in Digne und Flaugergues in Toulon sahen Aehnliches, andere Beobachter haben hiervon nichts bemerkt. Bei der Sonnenfinsterniss am 5. März 1867 sahen Struve und Wagner am grossen Refractor zu Pulcowa zur Zeit der grössten Verfinsterung (9,8 Zoll) einen Theil des Mondrandes ausserhalb der Sonnenscheibe, Schwabe in Dessau beobachtete dasselbe Phänom und bemerkt, dass dieser Theil des Mondes sich durch eine weit tiefere Schwärze von der dunkeln Luft unterschied.

Aus der Thatsache, dass der dunkle Mondrand nur dann wahrgenommen wird, wenn unser Satellit schon so weit auf der Sonnenscheibe vorgerückt ist, dass sein ausserhalb derselben befindlicher Theil eine geringere Winkelbreite als die äusseren Theile der Corona besitzt, ergibt sich

leicht, dass man es hier nur mit einem Contrastphänom zu thun hat. Die äusseren, keineswegs scharf abgegrenzten Theile der Corona, sind für sich allein nicht sichtbar, wohl aber ihre Begrenzung, wo sie durch die absolut finstere Mondscheibe gebildet wird.

Bei der ringförmigen Finsterniss am 30. October 1864 sah Mouchez zu San Catharina in Brasilien, im Augenblicke, als die Scheiben von Sonne und Mond concentrisch waren, das Centrum des Mondes völlig dunkel, aber von hier aus gegen den Rand nahm die Helligkeit regelmässig zu und letzterer erschien heller, oder doch wenigstens ebenso hell als das aschgraue Licht der Mondsichel, kurze Zeit vor oder nach dem Neumonde. Die ganze Erscheinung verschwand und die Mondscheibe war gleichförmig dunkel, als der leuchtende Ring gerissen und die Mitte der Finsterniss vorüber war. Die letztere Bemerkung beweist, dass das Phänom nur ein rein optisches und durch die Beleuchtung der Atmosphäre seitens der Corona entstanden war. Dagegen lässt sich die höchst seltsame Wahrnehmung von leuchtenden Punkten auf der dunkeln Mondscheibe zur Zeit der totalen Sonnenbedeckung nicht einwurfsfrei erklären.

Schon Halley sah blitzartige Erscheinungen in der Nähe des westlichen Mondrandes und Louville berichtet, dass er im Jahre 1715 zu London, während einer totalen Sonnenfinsterniss, auf der Mondscheibe ein blitzendes Licht wahrgenommen habe, das der Entzündung von Pulver vergleichbar gewesen sei. Im Jahre 1778 sahen Ulloa, Arenda und Wintuisen gelegentlich einer Sonnenfinsterniss in der nordwestlichen Region der Mondscheibe, $1^1/_4$ Minute vor dem Wiedererscheinen der Sonne, einen leuchtenden Punkt von zunehmender Helligkeit. Ulloa glaubte an eine Oeffnung im Monde, durch welche hindurch man die dahinter befindliche Sonne erblickt habe. Nach Lalande's Berechnung würde eine derartige Oeffnung 50 Meilen tief gewesen sein. Im Jahre 1842 sah Valz verschiedene leuchtende Punkte in der Nähe des Mondrandes; Zantedeschi in Venedig bemerkte auf dem Monde schwache intermittirende Blitze und Wüllersdorf hat gleichfalls von Zeit zu Zeit leuchtende Strahlen gesehen. Nach Beendigung der Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860, wurde dem ägyptischen Astronomen Mahmud Bey, der in Nubien beobachtete, von verschiedenen glaubwürdigen Personen übereinstimmend mitgetheilt, dass sie während der totalen Bedeckung, ungefähr gegen die Mitte der dunkeln Scheibe, einen hellen, weisslichen, runden Punkt gesehen. Was an allen diesen Wahrnehmungen Wirklichkeit, was Täuschung ist, muss vorläufig dahin gestellt bleiben.

Neben den bisher betrachteten Erscheinungen, zeigen sich bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse, noch andere, seltsame Phänomene. Dahin gehören die rothen flammenartigen Hervorragungen hinter der Mondscheibe, die Protuberanzen, und ferner die perlschnurartigen Lichtpunkte, die dann plötzlich auftreten, wenn der Sonnenrand noch einen schmalen Lichtfaden bildet. Diese letzteren, auch Rosenkranzkörner genannt, wurden, seit Halley 1715 darauf aufmerksam machte, von einer

grossen Anzahl von Beobachtern wahrgenommen, während andere nichts davon sahen. Im Jahre 1842 sah man sie in Montpellier und Narbonne, während man in la Superga und Pavia sowie in Perpignan nichts dergleichen bemerkte. Es ist gewiss, dass das ganze Phänom gar nichts mit der physischen Constitution der Sonne zu thun hat, sondern den Unregelmässigkeiten des Mondrandes, einer anomalen Lichtwirkung in der Atmosphäre, dem Fernrohre oder Auge des Beobachters zugeschrieben werden muss.

Dies ist indess durchaus nicht der Fall mit den röthlichen, flammenartigen Hervorragungen oder Protuberanzen; vielmehr müssen diese als wirkliche, der Sonnenoberfläche zukommende Eigenthümlichkeiten betrachtet werden. Dass sie nicht dem Monde zugehören, beweist schon der Umstand, dass sie nach und nach von dem westlichen Mondrande aufgedeckt werden, in dem Maasse, als der Mond sich ostwärts über die leuchtende Sonnenscheibe schiebt, und sie wieder verschwinden, wenn sie an der entgegenstehenden Seite durch den östlichen Mondrand verdeckt werden.

Die erste Wahrnehmung der Protuberanzen gehört Stannyan aus Bern an, der am 12. Mai 1706, vor dem Wiedererscheinen der verfinsterten Sonne, am linken Rande derselben, einen blutrothen Saum bemerkte.

Genauer beschrieb die Erscheinung Birger Vassenius in Gothenburg, der in seinem Berichte über die Finsterniss von 1733, drei oder vier röthliche, ausserhalb der Peripherie des Mondes sichtbare Flecke anführt, von denen einer eine wolkenartige Gestalt besass.

Bei Gelegenheit der Finsterniss von 1806 sah Ferrer kurz vor Beendigung der totalen Bedeckung, um den Mond eine Schicht, die das Aussehen von der Sonne beschienener Wolken besass.

Van Swinden bemerkte am 7. September 1820, als der Mondrand noch etwas über den Sonnenrand hervorragte, einen röthlich gefärbten Bogen, der mit der Flammenspitze einer Argand'schen Lampe verglichen werden konnte.

Die wichtigsten Wahrnehmungen dieser ganzen Erscheinung datiren jedoch erst seit dem Jahre 1842. Arago, der zu Perpignan beobachtete, sah zwei starke, rosenrothe, flammenartige Hervorragungen, die den Eindruck von überhängenden Bergen machten, welche jeden Augenblick umzustürzen drohen. Die Winkelausdehnung betrug etwa eine Bogenminute, die wahre Erhebung also ungefähr 6000 Meilen.

Mauvais, der ebenfalls zu Perpignan beobachtete, sagt: „Als ich einige Secunden nach Beginn der totalen Verfinsterung, die Breite der leuchtenden Corona zu messen suchte, sah ich am untern Rande des Mondes einen röthlichen Punkt auftreten; 56 Secunden nach dem Verschwinden der Sonne ging dieser Punkt in zwei violettrothe, scharf begrenzte, bergartige Hervorragungen über. Ich kann keine genauere Beschreibung von ihrem Anblicke geben, als wenn ich die von der untergehenden Sonne beschienenen, aus grosser Ferne gesehenen Alpenspitzen damit vergleiche. 70 Secunden nach Beginn der totalen Verfinsterung

sah man einen dritten Berg, links von den beiden ersteren, und diese erreichten schliesslich eine Höhe von vielleicht zwei Bogenminuten.“ In Montpellier wurden die drei feurigen Protuberanzen ebenfalls gesehen, und Petit bestimmte durch Messung die Winkelausdehnung der höchsten zu 1′45″. Einige Augenblicke vor dem Wiedererscheinen der Sonne, sah derselbe Astronom in der Nähe desjenigen Punktes am Mondrande, wo der Austritt erfolgen sollte, eine neue Flamme sich erheben, doch war dieselbe weiss. Der gemessenen Winkelausdehnung zufolge besass die genannte grösste Protuberanz eine wahre Höhe von 10,000 geographischen Meilen. Airy, der in la Superga bei Turin beobachtete, sah ebenfalls die Protuberanzen. „Während ich,“ sagt dieser Astronom, „den Mond nach dem totalen Verschwinden der Sonne untersuchte, gewahrte ich zu meiner sehr grossen Ueberraschung drei kleine rothe Flammen; ihre Höhe überstieg kaum eine Bogenminute. Sie erschienen am wahren obern Mondrande, und die beiden äussersten standen etwa 40 Grad auf dem Umfange der Mondscheibe auseinander. Professor Casari in Vicenza bemerkte, wie er berichtet, bei den grösseren Protuberanzen rothe Rauchsäulen, welche sich in ihrer aufsteigenden Bewegung kreuzten und eine heftige Agitation zu erfahren schienen. Schumacher in Wien sah die nämlichen Protuberanzen, welche die Beobachter in Frankreich wahrnahmen, und vergleicht sie mit den Gipfeln von Gletschern; ihre Winkelausdehnung schätzte er auf 1 bis 2 Minuten. Kurz vor dem Ende der totalen Verfinsterung, erhob sich an dem Theile des Mondrandes, wo der erste Sonnenstrahl aufblitzen musste, eine schmale, rosenrothe Schicht, die etwa 70 bis 80 Grad auf dem Mondrande einnahm und sammt den rothen Bergen im Augenblicke des ersten Sonnenstrahls erlosch. Struve und Schidloffsky sahen ebenfalls die Protuberanzen und schätzten ihre Höhe zu 2′; sie erschienen unbeweglich wie Berge, während der grössere Theil des Mondrandes von einem rosenrothen Saume umgeben war.

Bei der Sonnenfinsterniss am 8. Juli 1851 erschien auf der Westseite des Mondrandes eine hakenförmig wie eine Klammer gebogene Protuberanz. In der Verlängerung des Hakens aber sah man frei schwebend eine geballte Masse von fast kreisrunder Gestalt, die noch 7,5 Secunden nach dem Hervortreten der Sonne sichtbar war. Galle glaubte wahrzunehmen, dass jene Wolke durch drei oder noch mehr feine Fasern mit der hakenförmigen Protuberanz verbunden sei. Dawes erblickte die nämliche Protuberanz in Rävelsberg von carminrother Farbe, und er konnte sie noch wahrnehmen, als die Sonne bereits 5 Secunden wieder sichtbar war. Lassel, der zu Trollhätta beobachtete, bemerkt, dass jene Protuberanz wenige Grade von der Stelle entfernt lag, wo er kurz vor der Finsterniss eine Gruppe von Flecken wahrgenommen hatte. Williams, an derselben Beobachtungsstation, unterschied deutlich das scheinbare Wachsen der rothen Erhöhung in dem Maasse als der Mond nach Osten rückte. Swan behauptet, dass der Ort derselben genau mit demjenigen einer Fleckengruppe übereinstimmte, die er gleich nach Beendigung der Finster-

niss in der Nähe des Sonnenrandes bemerkte. Nach den Messungen von Otto Struve, der zu Lomza beobachtete, betrug der Abstand des gekrümmten Theiles der Protuberanz vom Mondrande 79″; im Verlaufe von 53 Zeitsecunden war er auf 115″ gestiegen. Während dieser Zeit waren die Protuberanzen am anderen Rande verschwunden oder doch auf unbedeutende Spuren reducirt, indem der voranschreitende Mond sie bedeckte. J. J. Schmidt, der diese Finsterniss zu Rastenburg beobachtete, sah 7 bis 10 Secunden, nachdem der letzte Sonnenstrahl verschwunden war, die erste Protuberanz aus einem weisslichen Fleck an der Basis der Corona hervortreten. Neben mehreren anderen, tauchte $^1/_4$ Minute nach Beginn der Totalität, gleich einem glühenden Funken die grosse hakenförmige, bereits oben mehrfach angeführte Protuberanz auf. „Ich hatte," sagt Schmidt, „Zeit genug, ihre Gestalt und verschiedenartige Färbung aufs Genaueste aufzufassen und entwarf im Dämmerlichte der Corona die ersten flüchtigen Umrisse, um späterhin aus der Erinnerung das Detail nachzutragen. Bei einer Breite von etwa 20″ bis 30″ stieg sie anfangs normal aus dem Mondrande auf, ihr ursprünglich gerader, an den Rändern vielfach unebener Stamm zeigte oben eine starke, gegen Süden gerichtete Seitenkrümmung, an welcher sich, nicht völlig getrennt, ein intensiv leuchtender, fast durchsichtig carminrother Ballen von runder Gestalt anschloss, dessen grösste Verdichtung in der Mitte lag und dessen Ränder von diffusem, hellröthlichem Lichte umgeben waren. Mit der grössten Bestimmtheit gewahrte ich in dieser Masse einen rundlichen Kern, fast metallisch glänzend wie Rothgold und mit eigenthümlichen, lilafarbigen, sphärischen Reflexionslichtern gezeichnet, wie man solche bei gewissen Stellungen des Auges auf der Oberfläche von Glasflaschen und Kugeln, oder auf der polirten Oberfläche einer Metallkugel wahrnimmt. Der Hauptheil dieser Protuberanz, der eigentliche Stamm, war ebenfalls stark rosenroth, mit sehr zarten Nüancirungen sehr dunkeln Carminroths, dabei von ätherischer Klarheit und fast durchsichtig, und an seinem nördlichen Rande im Allgemeinen besser begrenzt als an seinem südlichen. An diesem (südlichen) Rande war die Gestalt lichtschwächer, heller roth und mehrfach mit sehr kurzen hellrothen Ansätzen versehen, die theilweise von ihr getrennt zu sein schienen. Nicht weniger merkwürdig sind aber die Erscheinungen, welche südlich am obern Ende der Protuberanz die Fortsetzung des eben beschriebenen dunkelrothen Ballens bildeten. Diesem schloss sich eine hellrothe, etwas breitere Lichtmasse an, welche in einer mit dem benachbarten Mondrande parallelen Richtung gegen Süden wenigstens 4 bis 5 deutliche, scharfgezeichnete rothe Lichtmassen aussandte, in Gestalt von wellenförmig vom Winde bewegten Schiffswimpeln, oder wie züngelnde Flammenspitzen von rosenrother Farbe. Die grösseren von ihnen hingen mit dem Ballen zusammen, theilweise erschienen dazwischen noch mehrere sehr feine und schwache Wellenlinien völlig getrennt. Das Ganze hatte das Ansehen einer vom Winde stark gebogenen feurigen Rauchsäule, aus deren äusserstem Ende die Flammen-

spitzen hervorbrachen." Schmidt beschreibt weiter die merkwürdigen Erscheinungen gegen Ende der Totalität: „Etwa 4 Secunden vor diesem Momente sah ich plötzlich lebhaftes rothes Licht in Gestalt zweier sehr zarter Linien sich auf dem Rande des Mondes fortbewegen und zwar von den Fusspunkten zweier Protuberanzen aus gegen die Mitte des sie trennenden Raumes. Es war als flösse rothglühendes Metall über den schwarzen Mondrand hin und doch war diese scheinbar fliessende Bewegung nur die Folge vom Fortrücken des Mondes. Anderthalb Secunden vor dem Ende der Totalität vereinigten sich beide Linien in der Mitte zu einem vollständigen höchst zarten Bogen von stark rosenrothem Lichte, der vielleicht einem kleinern Krümmungsradius als dem des Mondes angehörte. In seiner ganzen Erstreckung schien er aus einer sehr grossen Menge der kleinsten Protuberanzen zu bestehen, von denen einige den Bogen etwas überragten. Nun glaubte ich im Momente der Bildung dieses Bogens das Sonnenlicht erwarten zu müssen — in demselben Augenblicke trennt sich die rothe Curve vom dunkeln Mondrande und zwischen beiden tritt eine silberweisse und höchst intensive Lichtlinie hervor, concentrisch mit der rothen, scharf von dieser, noch mehr vom Monde geschieden. Eine Secunde lang mochte ich sie gesehen haben, zweifelnd wegen der doch zu geringen Helligkeit, ob das Ende der Totalität eingetreten sei, als plötzlich sichelförmig in gewaltigem Glanze das wahre Licht der Sonne wie ein Blitzstrahl hervorschoss und in demselben Augenblicke die ganze Reihe der wunderbaren Erscheinungen zum Verschwinden brachte."

Schmidt schliesst aus einer eingehenden Discussion seiner Messungen, dass die grosse gekrümmte Protuberanz sich über einem mit Flecken und Fackeln besetzten Raume der Sonnenoberfläche gezeigt habe. Das Gleiche folgt aus den Messungen von Mauvais und Goujon zu Danzig.

Bei der Sonnenfinsterniss am 18. Juli 1860 sah Lamont in Castellan de la Plana sofort nach dem Verschwinden der Sonne eine grosse Protuberanz hervortreten; ihr folgte eine zweite, die aus einem Conglomerat kleiner Massen zu bestehen schien, hierauf eine dritte und vierte.

Aus der Vergleichung der Beobachtungsresultate ergibt sich, dass 1860 mehrere Protuberanzen zugleich an verschiedenen Orten gesehen wurden, einzelne aber auch nur an einer oder höchstens zwei Stationen. Aehnliches fand nach den Untersuchungen von Swan auch bei der Sonnenfinsterniss von 1842 statt. Die Formen jener Gebilde waren sicherlich wechselnd und an verschiedenen Beobachtungsorten, wegen der nicht absolut gleichen Zeit der Beobachtung, zwar im Allgemeinen, nicht aber im Einzelnen gleich. Secchi in Rom schätzte 1860 die Höhe der bedeutendsten flammenartigen Hervorragung auf $2^1/_2$ Minute, ihre Form war eine konische, an der Spitze leicht ausgezogen und gekrümmt. Nahe dabei befand sich eine nur halb so hohe Protuberanz, deren Ausdehnung am Mondrande etwa 5 Grad umfasste; ihr Gipfel war sägeförmig einge-

schnitten. „Zum Fernrohre zurückgekehrt," berichtet der genannte Astronom, „fand ich den Anblick der Sonne sehr geändert. An Stelle zweier grossen Protuberanzen, bemerkte ich eine Menge anderer, die von allen Seiten der Sonne ausliefen und deren Höhe wegen ihrer Unbeständigkeit nicht zu messen war. Den Blick nach der Stelle richtend, wo der Austritt der Sonne erfolgen musste, erstaunte ich über die Menge kleiner Protuberanzen, über denen eine rothe Wolke schwebte. Ihre Gestalt war länglich, etwa 30″ lang und 3″ breit, an den Endpunkten spitzig. Noch immer wuchs die Zahl der Protuberanzen und bildete an dieser Seite bald einen etwa 60 Grad umfassenden, sägeförmig gezähnten Bogen, der stufenweise an Ausdehnung zunahm, während sein Centraltheil immer heller und breiter wurde. Die Purpurfarbe ging allmälig in das Sonnenlicht über und die Protuberanzen verschwanden mit dem Hervortreten der Sonne."

Bei der totalen Sonnenfinsterniss am 15. April 1865 sah Capelletti in Concepcion eine grosse, feurige Protuberanz sofort nach dem Verschwinden der Sonne. Ihr gegenüber befand sich eine kleinere von derselben Form aber hellerer Farbe, und unter dem Horn lagerte sich eine Wolke von der nämlichen Färbung. Die Höhe der ersten Protuberanz mochte 2′ 40″, die der zweiten 2′ sein. Nach 38 Secunden erschien eine Reihe von gefärbten Flammen, so dass der dunkle Mondrand sich nach und nach in Feuer setzte, und dieser rosige Bogen umfasste 90 Grad. „Was mich," sagt der Beobachter, „im Augenblicke des Aufblitzens des ersten Sonnenstrahles in hohem Grade in Staunen versetzte, war der wellenförmige Rand der Sonne. Dieser Rand erschien wie der Ocean beim Cap Horn mit seinen gewaltigen Wogen."

Das neue Hülfsmittel der Spectralanalyse liess die Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 eine besonders wichtige Rolle in der Geschichte der Astronomie spielen. Was man früher bloss vermuthen und ahnen konnte, musste sich bei dieser Finsterniss mit wissenschaftlicher Gewissheit ergeben. Demzufolge sandten die civilisirtesten Staaten Europas astronomische Expeditionen an die geeignetsten Punkte der Erde, und wenn auch mehrfach ungünstige Witterung hinderlich war, so ist doch das Gesammtresultat, welches erzielt wurde, ein ungemein wichtiges. Die Protuberanzen ergaben sich als glühende Gasmassen, als die Flammen eines chemischen Processes von ungeheurer Mächtigkeit. Durch die bekannten Spectrallinien charakterisirt, fand sich, dass hauptsächlich Wasserstoff die Sonnenoberfläche umhüllt und in den Protuberanzen leuchtend auftritt. Der geschickte französische Physiker Janssen erfand unmittelbar nach der Finsterniss eine Methode, die Protuberanzen stets am Sonnenrande wahrzunehmen und unabhängig hiervon gelang es Lockyer in London, der dieselbe Methode bereits früher vorgeschlagen hatte, ebenfalls Protuberanzen am Rande der hell leuchtenden Sonnenscheibe zu entdecken.

Janssen's Methode, die Protuberanzen oder genauer ihre Spectra

dadurch zu erkennen, dass der Spalt des Spectroskops über den Sonnenrand geführt wird, hat durch die Untersuchungen Secchi's insofern eine beträchtliche Erweiterung erfahren, als dieser geschickte Beobachter das Vorhandensein von Protuberanzen auch mitten auf der Sonnenscheibe in der Nähe der Flecke nachzuweisen vermochte. Es gründet sich dieser Nachweis auf das völlige Verschwinden der Wasserstofflinie *C* in der unmittelbaren Nähe der Flecke, weit entfernt vom Sonnenrande. Ueberhaupt offenbart sich die Gegenwart von Wasserstoff in der Sonnenatmosphäre nicht allein durch die Umkehr gewisser dunkler Linien in helle, sondern auch durch Verminderung ihrer Schwärze, die bis zum völligen Verschwinden führen kann. Uebrigens ist die Sonnenatmosphäre weit davon entfernt nur aus Wasserstoff zu bestehen; Secchi's Resultat, dass diese Atmosphäre sehr zusammengesetzt sei, ist durch die Ergebnisse der Untersuchungen von Rayet durchaus bestätigt worden.

Wenn die hellen Spectrallinien am Sonnenrande den Ort von Protuberanzen bezeichnen, so fehlen sie doch auch an allen anderen Punkten des Sonnenrandes nicht, aber ihre Höhe übersteigt hier kaum 10 bis 15 Secunden. Es ergiebt sich sonach, dass der ganze Sonnenball von einer vorwiegend Wasserstoff enthaltenden Hülle umgeben wird und dass die localen Anhäufungen dieser Materie uns eben als Protuberanzen erscheinen; aber Secchi hat auch gefunden, dass solche Massenanhäufungen sich vorwiegend in der Nähe von Flecken und Fackeln befinden.

Zwischen der Wasserstoffschicht und dem eigentlichen Sonnenrande existirt ein Raum, der ein continuirliches Spectrum giebt. Derselbe ist indess ungemein schmal und selbst unter dem heitern Himmel Roms nur bei sehr günstiger Luft sichtbar.

Die Gegenwart von Wasserdampf in der Nachbarschaft von Sonnenflecken, die sich durch eine Vielzahl plötzlich auftretender nebeliger Linien charakterisirt, gehört zu den merkwürdigsten und sichersten Ergebnissen auf dem Gebiete der spectralanalytischen Forschung. Nicht minder gilt dies von den feinen Untersuchungen, durch welche Pater Secchi auf die Identität der Spectra der Sonnenflecke mit denjenigen der rothen und orangefarbenen Sterne geführt wurde, die mehr oder weniger ihr Licht ändern. Man kann hiernach diese Sterne als fast ganz von Flecken, analog den Sonnenflecken, bedeckt annehmen, und diese Analogie gewinnt eine um so höhere Bedeutung, als auch unsere Sonne in $11^1/_9$jähriger und 56- bis 67jähriger Periode veränderlich ist.

Lockyer ist in Gemeinschaft mit Frankland zu analogem Resultate gelangt, wie Secchi in Rom. Er unterscheidet eine vollständige Hülle um die Sonne, der er den Namen „Chromosphäre" giebt, und in welcher die Fraunhofer'sche Linie *F* die Form einer Pfeilspitze annimmt, in der sie nach unten zu in Breite wächst, und zwar bedingt durch wachsenden Druck und zunehmende Temperatur. Als Lockyer und Frankland versuchten, den Druck zu bestimmen, welcher eine derartige Erscheinung hervorruft, fanden sie diesen selbst für die un-

tersten Schichten der Chromosphäre beträchtlich geringer als 1 Atmosphäre. Mit verbesserten Apparaten und Beobachtungsmethoden hat sich ergeben, dass die Linien *C* und *F* auch in den Sonnenflecken als helle Linien wahrgenommen werden können und dass in der Chromosphäre ausser den Wasserstofflinien auch Linien des Magnesium, Eisen, Barium und Natrium sichtbar sind; dazu haben gewisse geringe Verschiebungen von Spectrallinien, Bewegungen der leuchtenden Massen verrathen, welche die Geschwindigkeit unserer Erde in ihrer Bahn um das Doppelte übertreffen. Die Linie *F* erscheint auf der Sonnenscheibe unter Umständen gleichzeitig hell und als Absorptionslinie, aber die erstere ist dann nach der Seite des Violett, die letztere nach jener des Roth um ein Geringes verschoben. Es findet also Absorption durch eine Masse von geringerer Temperatur statt, welche sich nach dem Sonnenmittelpunkte bewegt, während die heisseren Massen mit grosser Schnelligkeit in der Richtung gegen den Beobachter hin emporgetrieben werden.

Die Untersuchung der Protuberanzen ist wesentlich erleichtert worden durch die Verbesserungen, welche Huggins, Lockyer und Zöllner an der ersten Methode zur Beobachtung dieser Gebilde bei vollem Sonnenschein, anbrachten. Besonders Zöllner hat mittelst seines ausgezeichneten Reversionsspectroskops prachtvolle Bilder der Protuberanzen erhalten und Zeichnungen geliefert, welche die ungemeinen Veränderungen derselben in kurzen Zeiträumen documentiren. Dasselbe Instrument wird bei noch grösserer Vervollkommnung gestatten, sämmtliche Spectrallinien, welche durch Absorption in der Erdatmosphäre entstehen, von denjenigen zu trennen, welche der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung verdanken, indem sich eine Verschiebung der Lage der Linien in Folge der Sonnenrotation offenbar nur bei den letzteren zeigen kann.

Beiläufig muss hier der ausgezeichneten Untersuchungen von Professor Angström über die Lage der dunklen Linien des Sonnenspectrums und die Bestimmung der Wellenlängen der den Absorptionslinien entsprechenden Lichtstrahlen gedacht werden. Dieser ausgezeichnete Physiker hat folgende Anzahl von Coincidenzen heller Linien der einfachen Stoffe mit dunklen Absorptionslinien des normalen Sonnenspectrums bestimmt:

Aluminium	2	Magnesium	4
Barium	11	Mangan	57
Calcium	75	Natrium	9
Chrom	18	Nickel	33
Eisen	450	Titan	118
Kobalt	19	Wasserstoff	4
Kupfer	7	Zink	2

Zwischen *F* und *G* des Sonnenspectrums finden sich einige sehr dunkle Linien von noch unbekanntem Ursprunge, von denen jedoch eine mit

einer ebenfalls starken Linie des Brom zusammenfällt. Wasserstoff ist das einzige Metalloid, das auf der Sonne nachgewiesen ist; ob Sauerstoff und Stickstoff sich ebenfalls dort finden, lässt sich bei dem bisherigen Verfahren nicht nachweisen, da es höchst wahrscheinlich ist, dass selbst die ungemein hohe Temperatur der Sonne doch nicht ausreicht, die hellen Linien jener Metalloide zu zeigen. Es können sich daher natürlich auch keine dunklen Linien beider Gase im Sonnenspectrum ergeben, gerade so wie ihr wirkliches Vorkommen in der Atmosphäre der Erde auch keine tellurischen dunklen Linien dieser Stoffe erzeugt.

Zur Darstellung des eigentlichen Kohlenstoff-Spectrums bedarf es einer plötzlichen Entladung der Elektricität; ein Volta'scher Bogen, der sich bei einer Säule von 50 Elementen zwischen Kohlenspitzen bildet, giebt nur das Spectrum der Kohlenwasserstoffe und des Cyans. Die durch eine solche Säule erzeugte Temperatur ist also nicht hoch genug, um den Kohlenstoff in Gas zu verwandeln. Die auf der Sonne herrschende Temperatur ist beträchtlich genug, um Verbindungen wie Cyan und Kohlenwasserstoff zu verhindern, allein sie erreicht nicht jene Höhe, um den Kohlenstoff zu verflüchtigen. Angström schliesst daher, dass der Kohlenstoff sich in fester Form in der Sonnenatmosphäre befinde.

Die Untersuchung der Spectra der Protuberanzen, welche Tietjen auf der Berliner Sternwarte anstellte, haben, wie bereits früher mitgetheilt wurde, zu dem Resultate geführt, dass die gelbe Linie D_3 mit einer feinen dunklen Linie des normalen Sonnenspectrums zusammmenfällt. Ferner glaubte derselbe Astronom ausser den Linien C, D_3 und F noch verschiedene kürzere am Sonnenrande wahrzunehmen. Secchi hat diese Wahrnehmung bestätigt. Rayet fand zwischen G und F noch eine helle Linie, die mit der Linie h von Angström zusammenfällt und deren Wellenlänge 0,00041011 Millimeter beträgt. Im Ganzen hat Rayet 6 helle Linien im Spectrum der Sonnenatmosphäre wahrgenommen, von denen 4 dem Wasserstoff angehören.

Was den Zusammenhang zwischen den Protuberanzen einerseits und den Sonnenflecken und Fackeln andererseits anbelangt, so lassen die bisherigen Untersuchungen hierüber noch eine grosse Ungewissheit bestehen. Bei der Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851 fand J. J. Schmidt die damals sichtbaren Protuberanzen in inniger Beziehung zu den Sonnenfackeln stehend. Die grosse hakenförmige Protuberanz, welche sich damals zeigte, fiel fast ganz genau mit Fackeln zusammen, welche im Sonnenrande lagen. „Merkwürdig," sagt J. J. Schmidt, „ist die fast völlige Coincidenz des Ortes der grossen gekrümmten Protuberanz ζ mit dem der westlichen Fleckengruppe B. In dieser stand während der Finsterniss der westlich vorangehende Fleck, den ich in den Tagen vorher gesehen hatte, schon auf der andern Seite der Sonne, der ihm östlich nachfolgende Hauptfleck aber in der dem Westrande schon nahen Gruppe B noch viele heliographische Grade diesseits des Westrandes. Zwischen beiden aber war die Oberfläche der Sonne mit

dichtem, sehr bunten Lichtgewölk (Fackeln) völlig besetzt, so dass, wie meine Beobachtung dies unmittelbar bestätigte, ein Theil der Fackeln genau im Randprofile der Sonne liegen musste. Stellen wir die zugehörigen Positionswinkel Π neben einander, so haben wir:

für die grosse Protuberanz $\zeta\ \Pi_0 = 297^\circ,7 \pm 0^\circ,0$ od. $\pm 17''$; 2 Beob.
für die westliche Fleckengruppe $B\ \Pi = 297,2 \pm 0,9$ od. ± 17; 2 „

Die Differenz beider Messungen beträgt nur $0^\circ,5$ des Mikrometerumfanges, oder $9'',7$ (Bogen); eine so geringe Abweichung, dass an der wirklichen Uebereinstimmung beider Oerter nicht gezweifelt werden kann. Ich schliesse demnach, dass die gekrümmte Protuberanz ζ sich über einem mit Flecken und Fackeln besetzten Raume der Sonnenoberfläche gezeigt habe, und finde es für diesen Fall wahrscheinlicher, dass ihre Basis eher eine der Fackeln (Lichtgewölk) als einer der Flecken war. Von den Flecken lag keiner genau im Rande der Sonne, und ihr Abstand von ihm war schon erheblich. Doch kann dieser Umstand keineswegs die Annahme erschüttern, dass dennoch die rothe Gestalt in einer den Sonnenmittelpunkt und den Flecken verbindenden Linie gelegen habe, wenn man ihr nur die genügende Länge, oder eine entsprechende Krümmung beilegt. — Fackeln bedeckten an jener Stelle reichlich die Oberfläche der Sonne, und besondere, später anzudeutende Gründe nöthigen mich bis jetzt, eine oder mehrere derselben als Basis der Protuberanz zu betrachten. Ich habe beiläufig noch die in Danzig gemachten Messungen der Pariser Astronomen Mauvais und Goujon reducirt und gefunden:

Protuberanz ζ . . . . $= 277^\circ,0$
Fleckengruppe B . . . . $= 277,9$

Unterschied $= 0^\circ,9$, wobei ich noch bemerke, dass Mauvais den mittlern Fehler einer Einstellung zu etwa 3° annimmt. Auch hier sehen wir abermals dieselbe Uebereinstimmung zwischen den Oertern der Protuberanz und der Flecken, nur dass in Rastenburg und Danzig Π verschieden gefunden worden ist, was nur davon herzurühren scheint, dass in Rastenburg mein Fernrohr nicht gerade stand. Aus diesem Grunde lagen die Punkte 0° un 180° meines Mikrometers nicht mehr in einem Verticale. Nimmt man dazu an, dass vielleicht auch in Danzig die Mikrometervorrichtung nicht völlig orientirt war, so wird die Differenz in $\Pi = 20^\circ$ schon erklärlich. Es kam aber hier hauptsächlich darauf an, den Zusammenhang gedachter Phänomene nachzuweisen.“ Spörer hat aus den Beobachtungen seit der Sonnenfinsterniss des 18. August 1868 den Schluss gezogen, dass die Protuberanzen im Allgemeinen als Vorläufer späterer Fleckengruppen zu betrachten seien; derselbe ausgezeichnete Astronom vermuthet, dass die matten Stellen zwischen den Fackeladern vielleicht mehr als die gleichzeitigen Fackeln den Protuberanzen entsprechen dürften.

Sobald es feststeht, dass die Sonne ein glühender Feuerball ist und nicht, wie Herschel annahm, im Zustande eines perpetuirlichen Nord-

lichtes sich befindet, drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht die Sonne im Laufe der Zeit an Masse, an Stoff, an Grösse verliere. Diese Frage ist eine höchst wichtige; von physikalischen Ansichten ausgehend, wird man sie nach dem heutigen Standpunkte unseres Wissens verneinen müssen, auf dem Wege empirischer Beobachtung aber lässt sich bis heute Nichts hierüber sagen.

Beobachtungen auf der Sternwarte zu Greenwich ergeben für den Sonnenhalbmesser von 1765 bis 1776 einen Werth von 16′ 1,66″; von 1776 bis 1787: 16′ 0,22″; von 1787 bis 1798: 15′ 59,77″. Hieraus scheint allerdings eine fortwährende Verminderung des Sonnendurchmessers zu folgen, allein von Lindenau hat gezeigt, dass dies nur daher rühre, weil das Auge des beobachtenden Astronomen mit zunehmendem Alter immer weniger für das Licht empfindlich wurde. Später nahm man nach Encke den mittleren Sonnenhalbmesser zu 15′ 58,42″ an, doch lehrte die Finsterniss von 1842, dass dieser Werth einer kleinen Vergrösserung bedürfe und man blieb schliesslich bei 16′ 0,9″ stehen. Neuere Angaben schwanken zwischen 16′ 1,8″ und 16′ 0,9″. Diese Differenzen sind ungemein gering und rühren vielleicht, wie auch gewisse Beobachtungen Spörer's andeuten, daher, dass die glühende Sonnenoberfläche gewissen Niveauänderungen unterliegt, wenn man nicht der Refraction am Sonnenrande und der Irradiation die Unterschiede verchiedener Messungsreihen gegeneinander zuschreiben will.

Eine andere Frage ist die, ob der Sonnenball nicht mit der Zeit verlösche und Licht und Wärme verliere. Wenn das Sonnenlicht verlöschte, so würde die Sonne den Planeten durchaus ähnlich und das ganze System bliebe in absolute Finsterniss gehüllt inmitten eines Weltraumes, der nach Fourier die schreckhaft niedrige Temperatur von etwa 60° C. Kälte besitzt. Allein auch auf diese Frage kann man bis jetzt noch durchaus keine einwurfsfreie Antwort geben. Die mannichfachen historischen Nachrichten von auffallenden Verdunkelungen des Tageslichtes, mahnen drohend wenigstens an die Möglichkeit einer temporären Abnahme des belebenden Strahles.

Die Berichte über die Verdunkelungen beim Tode Cäsar's und 409 n. Chr. schienen wenig zuverlässig, wenigstens verdankt das erstgenannte Phänomen, der ganzen Erzählung nach, seine Existenz wahrscheinlich einem gewissen trüben Zustande unserer Atmosphäre, und Gleiches gilt vom Jahre 536, von dem Abul-Faragius berichtet, dass die Menschen meinten, es sei der Sonne ein Unfall zugestossen, dessen Folgen niemals von ihr weichen würden. Dagegen widerspricht anscheinend nichts den Berichten von der schreckenerregenden Verdunkelung der Sonne am 19. August 733 und der ähnlichen dreistündigen Verfinsterung am 21. September 1091, der eintägigen Verfinsterung am 19. September 1155, sowie der sechsstündigen Dunkelheit am letzten Tage des Februar 1206. Die Berichte über die Verdunkelungen im Jahre 1191 und 1241 sind Nichts weiter als Beschreibungen gewöhnlicher Sonnen-

finsternisse, und einige andere der von Humboldt gesammelten Nachrichten reduciren sich ebenfalls hierauf.

Seitdem die Sonne mit Hülfe von Fernrohren eifrig verfolgt wird, hat sich keine auffallende Verdunkelung ihrer leuchtenden Oberfläche ereignet; allein wenn auch die Möglichkeit einer solchen keineswegs in Abrede zu stellen ist, so darf man gegenüber den eben angeführten historischen Nachrichten doch nicht ganz übersehen, dass diese vielleicht nur einseitige sind und man leicht als kosmisches Phänom betrachten kann, was in Wahrheit nur vorübergehende tellurische Erscheinung war. Solche Unterscheidung bleibt selbst schwierig gegenüber einer Wahrnehmung, die Liais mittheilt. Am 11. April 1860 zwischen 11 $^1/_2$ und 12 Uhr bemerkte man in Olinda, dass sich der Glanz des Sonnenlichtes merklich schwäche, man konnte das Gestirn einige Augenblicke lang mit blossem Auge betrachten. Obgleich vollkommen reiner Himmel war, erschien rings um die Sonne plötzlich ein irisirender Kranz. Zu gleicher Zeit sahen mehrere Personen östlich von der Sonne einen hellen Stern mit blossem Auge, der nach der angegebenen Position nur Venus gewesen sein kann.

Wenn wir heute noch nichts Bestimmtes über eine temporäre Abnahme, ja selbst über das gänzliche Verschwinden des Sonnenlichtes wissen, so liegt der hauptsächlichste Grund darin, dass wir noch überhaupt gar keine Vorstellung von den wahren Ursachen des fortdauernden Leuchtens, des seit ungezählten Jahrtausenden ununterbrochenen Glühens, des Sonnenballes haben. Die neuerdings vielfach erwähnten Ansichten, dass das Niederstürzen von Kometen und Meteorsteinen auf die Sonnenoberfläche den fortdauernden Verbrennungsprocess auf unserm Centralkörper unterhalte, sind theoretisch unzulässig. Denn es lässt sich zeigen, dass die ganze Erdmasse durch Herabstürzen auf die Sonne nur für 93 Jahre die Ausstrahlung decken würde. Die Beobachtung, welche Carrington und einige Meilen von ihm entfernt Hodgson zu Highgate am 1. September 1859 angestellt — beide Beobachter sahen aus der Mitte des grössten damals sichtbaren Flecks, ein helles Licht hervorbrechen und 5 Minuten lang andauern — lässt sich unter der Annahme, dass die Flecke Wolken über dem hellen Sonnengrunde sind, leicht und ungezwungen erklären. Helmholtz sieht den hauptsächlichsten Quell der Sonnenwärme in der fortwährenden Verdichtung, der einst eine Nebelmasse bildenden Sonne. —

Die Frage, ob alle Theile der Sonnenoberfläche genau gleiche Licht- und Wärmeintensität ausstrahlen, scheint verneint werden zu müssen.

Schon zu Anfange des Jahres 1844 machte Nervander, von der Ansicht ausgehend, dass die Unregelmässigkeiten unserer irdischen Temperaturschwankungen nur Regelmässigkeiten einer höhern Ordnung seien, als Resultat seiner desfallsigen Untersuchungen das Dasein einer bisher unbekannten Variation der Sonnenwärme bekannt. Diese Entdeckung stützte sich auf Thermometerbeobachtungen in Paris von 1816 bis 1819

und Innspruck von 1777 bis 1828. Als Resultat ergab sich eine Periode von $27{,}26^d$ und der Unterschied zwischen den Maximis und Minimis für Paris 0,604° C., für Innspruck 0,60° C., während die Nachtbeobachtungen an letzterm Orte für sich allein 0,49° C. ergaben. Durch diese Arbeit wurde Buys-Ballot zu einer ähnlichen Untersuchung veranlasst. Er prüfte die seit 1789 täglich zu Harlem angestellten Temperaturbeobachtungen und fand aus diesen eine Periode von $27{,}684^d \pm 0{,}005$. Es ergab sich für jeden der 7 Tage, während deren die wärmere Seite der Sonne uns zugewandt ist, eine um mehr als $1^1/_4$° F. höhere Temperatur, als für den entgegengesetzten Zeitraum. Dies gibt bei jährlich 13 Umdrehungen der Sonne, einen Ueberschuss von 122,5° F. Der kälteste Tag trat ein am 1. Januar 1846. Eine Zuziehung der älteren Beobachtungen Musschenbroek's von 1728 bis 1758, änderte die zuerst gefundene Periode um $- 0{,}004^d$, so dass sie in runder Zahl 27,68 Tage beträgt. Aehnliche Resultate bezüglich der ungleichen erwärmenden Kraft verschiedner Theile der Sonnenoberfläche hat Buys-Ballot später auch aus den von 1791 bis 1854 in Breslau angestellten Beobachtungen abgeleitet; dagegen hat Lamont aus einer sehr umständlichen Discussion der vom 1. Januar 1781 bis zum 17. März 1840 auf Hohenpeissenberg angestellten Temperaturbeobachtungen, keine mit der Sonne übereinstimmende Periode erhalten können.

Die Schlüsse, welche Nervander und Buys-Ballot aus ihren Untersuchungen gezogen, sind ihrer ganzen Natur nach mannichfachen Bedenken ausgesetzt. Mehr Vertrauen verdienen Secchi's Messungen, wonach die Wärmestrahlung in der Gegend des Sonnenmittelpunktes doppelt so gross wie jene der Sonnenränder ist, und die Aequatorialzone mehr Wärme als die Regionen um die Pole besitzt. Dass die Flecke weniger Wärme ausstrahlen, als die übrigen Theile der Sonnenscheibe, ist durch Henry und Alexander ausser Zweifel gestellt worden, als diese Physiker mittels eines $4^1/_2$füssigen Refractors und unter Anwendung einer Thermosäule, die Wärmestrahlung eines Flecks mit jener der umgebenden Theile der Sonnenoberfläche verglichen. Aus 12 Versuchen am 4. Januar 1845 ergab sich im Mittel, dass der Fleck nur 0,8 der Wärme der benachbarten hellen Fläche ausstrahlt.

Ob aber die Wärmestrahlung der ganzen Sonne in fleckenreichen Jahren geringer ist als in Zeiten, wo weniger Flecke erscheinen, steht dahin. Um diese Frage zu entscheiden, müsste man, streng genommen, die mittlere Erwärmung der ganzen Erdoberfläche kennen. In Ermangelung solcher Grundlagen, versuchte Herschel, das Problem durch Vergleichung der Kornpreise in fleckenreichen und fleckenarmen Jahren zu lösen, ein Versuch, der vielfach ins Lächerliche gezogen wurde, und von dem sein Urheber auch selbst gesteht, dass er nicht entscheidend sein könne. Herschel war übrigens geneigt, aus einer Abwesenheit von Sonnenflecken und der sie begleitenden Erscheinungen, auf Schwäche der Combustion und minder wohlthätige Wirkung auf die Temperatur unseres Planeten

und das Gedeihen der Vegetation zu schliessen. Gruithuysen schrieb die grosse Dürre des Jahres 1842 dem Mangel an Sonnenflecken zu, er glaubte ganz bestimmt die Versicherung geben zu können, dass die damalige Witterung, gerade so wie im Jahr 1811, durch das Fehlen von Flecken veranlasst sei. Untersuchungen von Gautier über die Temperaturmittel verschiedener Orte während der Maxima und Minima der Fleckenperiode, ergaben für Paris (aus den Beobachtungen von 1827 bis 1840) einen Unterschied von 0,64° C., für Genf 0,33° C., für den grossen St. Bernhard 0,18° C. Für Helsingfors nach 11jährigen und für Edinburg nach 15jährigen Beobachtungen sind diese Zahlen resp. 1,15 und 1,05° C. alle im Sinne einer geringern Wärmestrahlung beim Fleckenmaximum. Reikiavik zeigte einen Unterschied in der entgegengesetzten Richtung von 1,07° C. Das Mittel aus 33 europäischen Orten ist 0,565°, für 29 amerikanische Stationen ergab sich bloss ein Unterschied von 0,11° C. Die Beobachtungen müssen noch sehr vervielfältigt werden, ehe unangreifbare Schlüsse zu ziehen sind.

Die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe ist nicht in allen Theilen gleich, sie ist, abgesehen von den Fackeln, am Rande geringer wie in der Mitte. Arago war dieser Ansicht nicht und stritt lange Jahre hindurch mit Herschel, Airy und Hind, dass der Rand der Sonne mehr Licht habe wie der Mittelpunkt. Das Polariskop zeigt vollkommen gleichen Glanz des Sonnencentrums und der Ränder an. Arago erinnert daran, dass in der gasförmigen Umhüllung der Sonne, das von den Rändern emanirende Licht zwar dem Cosinus des Ausfallwinkels proportional ist, dass aber keine Verminderung der Intensität wie bei einem soliden Körper stattfindet, sonach also der Rand heller sein und nur in Folge der Intensitätsschwächung in der Sonnenatmosphäre gleich hell mit dem Centrum erscheinen wird. An einer andern Stelle bemerkt Arago, dass das Centrum $^1/_{10}$ heller als der Rand sei. Ob in der That beim Uebereinanderfallen der Bilder im Polariskop nicht ein blasses Roth (statt reinem Weiss) erscheint, bleibt dahin gestellt; Arago erwähnt nirgendwo, auf welche Weise er sich vollkommen genau von der reinen weissen Farbe überzeugt habe. Die Darstellung der hier berührten Verhältnisse im III. Bande (S. 396) des Kosmos ist breit und fehlerhaft.

Die Intensität der chemisch wirksamen Strahlen der Sonne, ist für die verschiedenen Theile der letztern sehr ungleich. Es ergab sich aus den Versuchen von Roscoe, dass die Südpolarzone bedeutend mehr chemisch wirksame Strahlen aussendet wie die nördlichen Regionen, und dass die Gegenden um den Aequator herum dazwischen fallen.

Im Jahre 1854 hat Sabine aus den magnetischen Beobachtungen zu Toronto, St. Helena und Hobartown nachgewiesen, dass die Sonne einen bemerkbaren Einfluss auf die jährliche Declinationsvariation der Nadel ausübt. Es ergab sich in dieser Hinsicht das bemerkenswerthe Resultat, dass die Abweichungen des Sommer- und Winterhalbjahres gleiche Grösse bei entgegengesetzten Vorzeichen haben, die Sonne also

in entgegengesetztem Sinne auf die Magnetnadel wirkt, je nachdem sie sich nördlich oder südlich vom Aequator befindet. Der Uebergang findet nach Sabine nicht gleichzeitig mit dem Durchgange der Sonne durch den Aequator statt, sondern etwas später, gleich als wenn die Sonne ein Magnet wäre und durch ihre Einwirkung in dem Erdkörper Magnetismus inducirt würde. Nach Langberg's desfallsigen Untersuchungen ergibt sich, dass die entgegengesetzte Wirkung erst 16 Tage nach den Aequinoctien bemerklich wird. Secchi ist etwas später zu ähnlichen Resultaten wie Sabine gelangt.

Obgleich es nicht in den Plan des gegenwärtigen Werkes gehört, die Art und Weise zu discutiren, nach welcher am vortheilhaftesten Beobachtungen der Sonnenoberfläche anzustellen sind, so möge doch bei der Wichtigkeit des Gegenstandes, eine gedrängte Uebersicht der Methoden zur Sonnenbeobachtung hier Platz finden. Die ersten Observationen der Sonne mit Hülfe des Fernrohres, wurden nur bei bezogenem Himmel angestellt, auch wählte man hierzu günstige Abendstunden, wenn das Licht der dem Horizont nahen Sonne so gemildert ist, dass das Auge seinen Glanz ertragen kann. In solcher Weise beobachtete zuerst Fabricius; später indess wandte er die Methode der Projection an und liess das Sonnenbild durch eine Oeffnung in ein dunkles Zimmer auf einen Schirm fallen. Denselben Weg schlug auch Galilei ein, auch er beobachtete, anfänglich bei gezogenem Himmel, später aber, durch Castelli aufmerksam gemacht, durch Projection. Vor dem Jahre 1540 war indess schon, wie Apian bemerkt, von einigen Beobachtern der Versuch gemacht worden, farbige Blendgläser zu benutzen, allein diese richtige Beobachtungsmethode verschaffte sich damals so wenig allgemeinen Eingang, dass Scheiner um 1611 grüne Gläser vor das Objectiv setzte, und erst 1620 Tarde das Blendglas an die richtige Stelle, zwischen Ocular und Auge, brachte. Als sich William Herschel mit der Sonne beschäftigte, dachte er auch an Verbesserung der Beobachtungsmittel, und hielt die Anwendung von Flüssigkeiten in parallelwandigen Gläsern vor das Auge gebracht, für am besten. Doch hat Herschel's Vorschlag keinen Anklang gefunden. Neuerdings hat zuerst Dove auf die Anwendbarkeit chemisch versilberter Glasspiegel als Sonnengläser aufmerksam gemacht, und unabhängig hiervon kam Foucault durch viele Versuche mit derartigen Spiegeln auf die Idee, das Objectiv zu versilbern. Die Sonne erscheint dann als scharfe, blaue Scheibe, die Hitze am Ocular ist sehr gemildert und überhaupt sollen auf diese Weise alle erreichbaren Vortheile für Sonnenbeobachtungen vereinigt sein. Porro hat ein „Helioskop“, d. h. einen Newton'schen Reflector aus unbelegtem Glase construirt, welcher nur wenig Sonnenlicht reflectirt; dieses fällt auf eine Crownglasplatte, die auf den Polarisationswinkel eingestellt ist, und ehe es zum Ocular gelangt, noch auf eine zweite, beliebig zu stellende Platte.

Früher hat man zur Verringerung der Hitze häufig das Objectiv durch ausgeschnittene Deckel verkleinert, allein dadurch begibt man sich anderseits aller Vortheile, welche ein grosses Objectiv gewährt. Noch unpraktischer ist es, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege zum Oculare durch sehr enge Oeffnungen in Diaphragmen ähnlichen Blendungen hindurchgehen zu lassen, wie dies von englischen Beobachtern vorgeschlagen worden ist. Die dadurch sehr bemerklich hervortretenden Beugungsphänomene schaden ungemein der Reinheit des Bildes. Ich habe mich bei meinen Sonnenbeobachtungen meist eines Diaphragmas bedient, dessen kreisrunde Oeffnung einen Durchmesser von $^1/_7$ der Objectivöffnung besass und in der halben Focaldistanz von diesem entfernt stand. Es ist dann nur ein verhältnissmässig schwaches Blendglas nöthig, und man hat nicht zu besorgen, dass dasselbe in Folge der Hitze springe; überdies treten auch keine Diffractionserscheinungen auf, wenn man ein Fernrohr von mindestens $3^1/_2$ Zoll Oeffnung anwendet.

Das Zodiakallicht.

Ehe wir zur individuellen Betrachtung der Planeten übergehen, erscheint es zweckmässig, hier bei einem Phänom zu verweilen, dessen wahre Natur uns bis jetzt noch durchaus räthselhaft geblieben ist, dem Thierkreis- oder Zodiakallichte.

Die erste Wahrnehmung dieser Erscheinung, gebührt dem grossen Beobachter Tycho de Brahe gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts. Später, 1661, empfahl Childrey das von ihm mehrere Jahre lang im Frühlinge bemerkte Phänom der Aufmerksamkeit der Astronomen; aber erst seit dem Jahre 1683, wo sich Dominicus Cassini mit dieser Erscheinung zu beschäftigen begann, ward das Zodiakallicht Gegenstand genauerer Beobachtungen.

Es ist höchst sonderbar, dass dieser Lichtschimmer, der dem Glanze der Milchstrasse nicht weicht, den Alten und den unter glücklichem Himmel so eifrig beobachtenden Arabern unbekannt geblieben ist, oder warum seiner in den uns überkommenen Schriften wenigstens nicht gedacht wird. Soll man aus diesem Stillschweigen über eine Erscheinung, die selbst in unseren Breiten Jedem, der nach heiterer Abenddämmerung im Frühlinge, oder vor Beginn der Morgendämmerung im Herbste, in der Richtung der Sonne ausschaut, sofort auffällt, schliessen, das Zodiakallicht sei vor drei Jahrhunderten erst entstanden oder doch zu seinem jetzigen Glanze angewachsen? Aber dem steht die durch A. v. Humboldt mitgetheilte Thatsache entgegen, dass in einem alt-aztekischen Manuscripte das Zodiakallicht erwähnt wird, wie es im Jahre 1509 vierzig Nächte lang auf der Hochebene von Mexico am östlichen Himmel wahrgenommen wurde. Ueberdies sind negative Zeugnisse ihrer Natur nach nie so beweiskräftig als positive, und man muss daher annehmen, wie sonderbar dies auch sein mag, dass das Zodiakallicht der Aufmerksamkeit der alten Beobachter einfach entgangen ist, dass es aber nicht jünger sein mag, als auch die übrigen Theile unseres Planetensystems.

Das Thierkreislicht erscheint im Allgemeinen in der Gestalt eines Kegels, dessen Grundfläche durch den Ort der Sonne bezeichnet wird, während die Axe nahe mit der Ekliptik zusammenfällt. Das Phänom ist daher beständig und in seiner schönsten Entfaltung in den ewig heitern,

von nur kurzer Dämmerung begleiteten Nächten der Tropenzone zu sehen, weniger prachtvoll und unsicher in den so häufig trüben Morgen- und Abendstunden des Herbstes und Frühlings unserer nördlichen Klimate.

Schon Cassini war auf die, bisweilen 90 Grad vom Orte der Sonne an betragende Ausdehnung des Zodiakalschimmers aufmerksam geworden, allein andere Beobachtungen widersprachen dem und wiesen dem Thierkreislichte geringere Angularausdehnungen als $^1/_4$ Kreisbogen zu. Aus einer grossen Anzahl genauer Beobachtungen, unter welchen besonders diejenigen des Professor Heis in Münster und von Weber in Peckeloh zu nennen sind, habe ich die folgende Tafel der Winkelausdehnungen des Zodiakallichtes für die verschiedenen Monate des Jahres abgeleitet. In dieser Tabelle fehlen nur Juni und Juli, diejenigen Monate, aus welchen bis jetzt keine sicheren Beobachtungen vorliegen.

Winkelausdehnung des Zodiakallichtes.

Januar	2	83,0	Grad	Westseite
„	26	91,8	„	„
Februar	11	81,0	„	„
März	14	74,0	„	„
April	14	75,0	„	„
Mai	4	65,0	„	„
August	1	77,0	„	„
September	15	58,0	„	Ostseite
October	17	74,5	„	„
November	12	71,3	„	„
„	29	56,5	„	„
December	13	61,0	„	„
„	28	80,5	„	Westseite

Man ersieht aus diesen Bestimmungen, dass gewisse Theile des Zodiakallichtes sich weiter als der Halbmesser der Erdbahn vom Sonnenmittelpunkte entfernen, indem der Winkel zwischen Sonne, Erde und der äussersten Spitze des Zodiakalschimmers, bisweilen 90 Grad übersteigt, und zwar um die Mitte des Januar herum.

Wie die Beobachtungen von Prof. Heis und Weber beweisen, ist es selbst in den Breiten des nördlichen Deutschlands möglich, zu gewissen Zeiten beide Hälften des Zodiakallichtes zu sehen, die östliche Abends und die westliche Morgens. Der aufmerksame Beobachter Weber fand am 30. December 1866 aus sorgfältigen Combinationen, dass die Spitze der östlichen Hälfte etwa 2 bis 3 Grad südlich von der Ekliptik lag, während jene der westlichen Anse eben so viel nördlich über die Ebene der Erd-

bahn hinausging. Die grösste Intensität des Lichtes hatte die Ostseite und zwar um den 35. Grad von der Sonne herum; die Helligkeit der Westseite, zwischen dem 30. und 31. Grade war weit geringer. Ueberhaupt liegt die grösste Lichtintensität des Kegels zwischen dem 30. und 35. Grade des Abstandes von der Sonne. Im December 1867 fand Weber durch Combination der Morgen- und Abendbeobachtungen, als Gestalt des Zodiakallichtes eine längliche Ellipse. Die grosse Axe derselben betrug 144 Grad, die kleine, der Zeichnung auf einem achtzehnzölligen Sternglobus zufolge, nahe 31 Grad. Das Verhältniss beider zu einander wäre demnach wie 4,7 : 1. Die Neigung der grossen Axe gegen die Ekliptik betrug etwa 3 Grad. Die hier angegebenen Winkeldimensionen sind freilich nur relative und abhängig von dem Diaphanitätszustande unserer Atmosphäre und der Sehkraft des Beobachters. Wie bedeutend diese Umstände die Beobachtungen beeinflussen, zeigt sich aus der Vergleichung der Resultate Weber's mit jenen eines wenige Meilen westlich stationirten Beobachters, des Prof. Heis in Münster. Der Unterschied in der Position der Spitze des Zodiakallichtes betrug am 24. December 1867 in Rectascension 10 Grad, in Declination volle 13 Grad, um welche Professor Heis das Thierkreislicht weiter ausgedehnt sieht. Das Auge des Münster'schen Astronomen ist eines der schärfsten, die überhaupt existiren. Eine vollständige Beobachtung des Zodiakallichtes am Abend und am darauffolgenden Morgen, wurde von Heis am 3. und 4. Februar 1856 angestellt. Am 3. Februar Abends 7 Uhr war das Zodiakallicht nach der Dämmerung auffallend hell und die Spitze erschien nördlich von λ und μ des Walfischs, in 90 Grad östlicher Elongation von der Sonne. Bei sehr heiterer Atmosphäre und — 7^0 R. Lufttemperatur, wurde 9 Stunden später, am 4. Februar $4\frac{1}{2}$ Uhr früh, der westliche Theil des Thierkreisscheines beobachtet. Die Länge der Spitze betrug 237 Grad, jene der Sonne 313 Grad, die westliche Elongation oder Winkelausdehnung demnach 76 Grad. Die Figur des Lichtschimmers war nahezu eine Ellipse von 166 Grad Länge der grossen und 33 Grad der kleinen Axe, das Verhältniss beider also nahe wie 5 : 1. Merkwürdiger Weise befand sich die Sonne nicht ganz in der Mitte, sondern war dem westlichen Rande näher als dem östlichen, und dem südlichen näher als dem nördlichen. Wahrscheinlich ist indess diese letztere Thatsache bloss subjectiver Natur und durch die ungleiche Heiterkeit des Himmels Abends und Morgens, veranlasst worden. Man bemerkt nicht ohne Erstaunen, wie die Zodiakallichtellipse bloss noch einer Ausdehnung von 14 Grad bedürfte, um den halben Himmel zu überspannen. Nichts beweist aber, dass sie diese letztere Ausdehnung nicht in der That besitzt, ja man darf annehmen, dass die Winkelausdehnung des Thierkreislichtes 180 Grad noch um ein Gewisses überschreitet.

Im Allgemeinen scheint die Helligkeit des Thierkreislichtes periodischen Schwankungen unterworfen zu sein. Verschiedenen Beobachtern zufolge, soll das Phänom häufig bei sternenbesäetem Himmel nur sehr

schwach erscheinen, häufig hingegen von ausgezeichnetem mildem Glanze und mattgelblicher Färbung. Nach Weber erscheint der Zodiakalschimmer im Vergleich mit dem Lichte einer Sternschnuppe vierter Grösse, sehr matt und schmutziggelb; auch soll die Axe der grössten Helligkeit nicht immer in der Mitte des pyramidalen Kegels liegen. Freilich hat auch die so wechselvolle Heiterkeit des Himmels sehr bedeutenden Einfluss auf die Intensität der Erscheinung. Humboldt berichtet, dass ihm die Lichtstärke des Phänoms in dem Maasse zuzunehmen schien, als er sich in Südamerika und der Südsee dem Aequator näherte. Dort übertraf, besonders in Höhen von acht- bis zwölftausend Fuss, der Glanz nicht selten die schönsten Stellen der Milchstrasse zwischen dem Adler und Schwan. Doch war der Verfasser des Kosmos geneigt, die Veränderlichkeit des Glanzes hauptsächlich von einer innern Veränderlichkeit des Phänoms selbst abhängig zu machen. Weber glaubt, dass das Thierkreislicht in den letzten Jahren an Intensität sehr gewonnen habe. Im November 1866 trat es so hell auf, dass es, wenn das Mondlicht auch die Milchstrasse verwischt hatte, doch noch recht gut zu erkennen war; selbst der Anbruch der Morgendämmerung vermochte es nicht zu dämpfen.

Es hat seine Schwierigkeiten, aus den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, die wahre Gestalt und Lage des Thierkreislichtes abzuleiten. Dass die pyramidale Form nur eine scheinbare und eine Projection der wahren, scheiben- oder ringförmigen Gestalt ist, unterliegt keinem Zweifel. Schwieriger aber bleibt es, zu entscheiden, ob man es in der That mit einer flachgedrückten, linsenartigen Scheibe, gleichsam der erweiterten Sonnenatmosphäre, oder mit einem grossen, freischwebenden, mildleuchtenden Ringe von dunstartiger Materie zu thun hat. Der erstern Hypothese stehen mehrere gewichtige Bedenken entgegen. Eine angenommene Sonnenatmosphäre kann in Folge der mit zunehmender Entfernung vom Sonnenmittelpunkte schnell wachsenden Schwungkraft bei abnehmender Schwere, sich kaum bis zu 0,436 des Merkur-Abstandes erstrecken. Ueber diese Distanz hinaus kann die Anziehung des Sonnenkörpers der Schwungkraft nicht mehr das Gleichgewicht halten; die einzelnen Theilchen müssen vielmehr nach der Tangente der Bewegungsrichtung hin entweichen und sich entweder zu kugelförmigen Planeten ballen, oder als zusammenhängende Ringe einen selbständigen Umlauf fortsetzen. Dieses letztere könnte nun in der That der Fall sein, und das Zodiakallicht besteht vielleicht aus einem flachen, nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn geneigten dunstartigen Ringe, der zwischen der Venus- und Marsbahn frei im Weltraume schwebt und durch welchen die Erde in ihrem jährlichen Umlaufe um den Anfang des Jahres herum hindurchgeht.

Versucht man aber graphisch, aus den beobachteten Längenausdehnungen des Zodiakallichtes mit Rücksicht auf die Zeiten der Beobachtung die näherungsweise Lage des Dunstringes gegen die Erdbahn zu bestimmen, so ergeben sich die Dimensionen desselben immerhin so wenig von denjenigen der Erdbahn abweichend, dass man versucht wird, in dem Thier-

kreislichte ein mit der Erde in näherem Zusammenhange stehendes Phänom zu erblicken.

Schon im Jahre 1856 hat Professor Heis die Ansicht ausgesprochen, das Zodiakallicht möge vielleicht ein nebelartiger Ring sein, der innerhalb der Mondbahn um die Erde circulire. Später gelangte ein anderer thätiger Beobachter des Phänoms, Jones, zu einem ähnlichen Resultate.

Untersucht man unter dieser Voraussetzung die Eigenthümlichkeiten, welche das Thierkreislicht zeigen muss, so ergibt sich sofort, dass, weil der (hauptsächlich nur durch die Sonne erleuchtete Nebelring) vielleicht nicht 4 Grad gegen die Ekliptik geneigt ist, und die Sonne sowie der Erdschatten beständig in der Ekliptik sich befinden, das Zodiakallicht allerdings niemals als vollständiger Bogen erscheinen kann, sondern ein Theil davon durch den Erdschatten verfinstert ist. Fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen, so müsste sich das Phänom um Mitternacht beständig als aus zwei gleich grossen, symmetrischen Lichtpyramiden bestehend darstellen, deren Spitzen durch einen dunklen Zwischenraum, den Schatten der Erde, getrennt sind. Das ganze Jahr hindurch müssten beide Lichtpyramiden in jeder klaren Nacht in gleicher Lage und Deutlichkeit wahrgenommen werden können; ferner würden sie eine der scheinbaren nächtlichen Bewegung der Sonne unter dem Horizonte entsprechende stündliche Variation in der Lage der Spitzen zeigen. Weil indess Ekliptik und Aequator nicht zusammenfallen, so kann, besonders in höheren Breiten, das Phänom nicht beständig dieselbe scheinbare Lage gegen den Horizont behalten. Im Sommer liegt der nächtlich sichtbare Theil der Ekliptik tief am Horizonte, während er im Winter hoch gegen das Zenith hinaufsteigt. Das Zodiakallicht ist daher in nördlichen Gegenden im Winter ungleich besser sichtbar als im Sommer; dagegen bleibt unter den angenommenen Umständen die stündliche Variation in der Lage der Spitzen unverändert bestehen.

Nun haben in der That mehrere genaue Beobachter im Winter bei klarem Himmel zuweilen zwei Zodiakalschimmer bemerkt, die sich in der Ekliptik durch einen breiten Zwischenraum getrennt befanden; ebenso lässt sich aus einzelnen zuverlässigen Beobachtungen eine Art stündlicher Variation der Spitze der Lichtpyramide nachweisen.

In je weiterm Abstande von der Erde der Nebelring sich befindet, um so schmaler muss der durch den Erdschatten erzeugte dunkle Zwischenraum zwischen beiden Lichtpyramiden werden. Ist diese Entfernung aber gering, so wird der Zwischenraum grösser, und wenn man die vorhandenen Beobachtungen des „Gegenscheines“ vom Zodiakallichte zu Grunde legt, so würde sich ergeben, dass der Dunstring der Erdoberfläche in der That äusserst nahe ist, wenngleich es unstatthaft bleibt, jetzt schon bestimmte Zahlen anführen zu wollen. In diesem Falle würde ferner die Spitze des Thierkreislichtes von zwei hinreichend verschiedenen Orten aus gesehen, parallactische Verschiebungen zeigen, worauf gleichfalls gewisse Anomalien in verschiedenen Beobachtungen hindeuten.

Nach Brorsen's Beobachtungen, ist im October der Gegenschein des Zodiakallichtes häufig sehr ausgesprochen wahrnehmbar, doch gelang es Heis in Münster niemals, denselben zu erblicken, obgleich er sich absichtlich darnach umsah. Verschiedene geübte Beobachter wollen auch Verzweigungen des Zodiakallichtes bis über das Zenith hinaus wahrgenommen haben. Bei dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens bleibt es schwierig zu entscheiden, was von diesen Wahrnehmungen objectiv, in der Natur begründet, was subjectiv, ein Resultat mehrerer, oft sehr verschiedenartiger Ursachen ist. Im Ganzen aber findet sich die Hypothese, welche in dem Thierkreislichte einen innerhalb der Mondbahn unsere Erde umkreisenden Ring sieht, noch am besten mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung. Nur bleibt es nach derselben noch unaufgeklärt, weshalb der Gegenschein des Thierkreislichtes auch im Herbste und Winter so selten und unbestimmt erscheint, weshalb man ihn dann nicht von derselben Intensität wie das eigentlich sogenannte Zodiakallicht erblickt.

Alle Eigenthümlichkeiten dieses geheimnissvollen Phänoms müssen in südlicheren Regionen, besonders an Orten von bedeutender Seehöhe, untersucht werden, vor allem zur Zeit unserer Sommermonate.

Rohlf's behauptet, dass das Zodiakallicht schon in Marokko während des August deutlich zu sehen sei; die günstigsten Regionen zu seiner Sichtbarkeit sind aber ohne Zweifel die australischen Inseln der Südsee, wo die Erscheinung in den Monaten Juni, Juli und August, Morgens und Abends sehr klar sich darstellt, so wie ferner die Hochebenen von Peru und Mexiko. Beobachter in jenen Gegenden müssen ihr Hauptaugenmerk auf die genaue Lage der Spitze des pyramidalen Lichtschimmers in Bezug auf die umgebenden Sterne richten. Sie werden auch entscheiden können, ob durchgängig ein, wenn auch nur schwacher Gegenschein, d. h. eine symmetrisch gegen die erste gestellte zweite Lichtpyramide existirt, oder ob dieser, von Einigen wahrgenommene phosphorische Schein, anderer Ursache zuzuschreiben ist.

Merkur.

Von der Sonne, dem Centralpunkte der Bewegung, dem Ursitze des Lichtes und der Wärme für die ganze planetarische Welt, steigen wir herab zu den umkreisenden Planeten und ihren Satelliten. Der nächste dunkle Wandelstern, auf den wir treffen, ist Merkur, im Sanskrit Budha genannt und in der Planetenverehrung der Sipasier dargestellt mit einem Fischkörper und Eberkopfe.

Die Griechen nannten ihn wegen seines hellen Lichtes den Glänzenden, auch Apollo und Merkur; letztere Bezeichnung galt ihm wahrscheinlich mit Anspielung auf seine Sichtbarkeit in der Morgen- und Abenddämmerung.

Ob zwischen Merkur und der Sonne noch ein oder mehrere Planeten kreisen, muss zur Zeit dahin gestellt bleiben. Allerdings wollen mehrere aufmerksame Sonnenbeobachter bisweilen den Durchgang eines scharf begrenzten, runden, schwarzen Punktes wahrgenommen haben; aber alle diese Beobachtungen genügen keineswegs, die Existenz eines intramerkurialen Planeten zu erweisen. Wolf macht indess vorzugsweise auf folgende Beobachtungen aufmerksam, bei welchen der Durchgang eines schwarzen Punktes vor der Sonne bemerkt wurde.

D'Angos	1798	Januar	18.
Fritsch	1802	October	10.
Stark	1819	„	9.
„	1820	Februar	2.
Lescarbault	1859	März	26.

Diese Beobachtungen umfassen eine Periode von 14287 Tagen, die sich in 680 kleinere Perioden zu 21,010 Tage zerlegen lässt. Die Existenz eines Planeten innerhalb der Merkurbahn ist neuerdings von Leverrier als sehr wahrscheinlich dargestellt worden, indem dieser Mathematiker, aus seinen Untersuchungen über die Bewegung des Merkur, auf das Vorhandensein eines, die Merkurbewegung störenden Wandelsternes schloss. Dieser Schluss schien durch die Wahrnehmung Lescarbault's eine gewisse Bestätigung zu finden, allein seitdem hat man von dem vermutheten Planeten nichts mehr gesehen, und Delaunay hat auch das Unzureichende der Leverrier'schen Behauptung überzeugend nachgewiesen.

Die Benennung „Vulcan“, welche von gewisser Seite her dem supponirten Planeten war zugetheilt worden, ist also jedenfalls verfrüht gewesen. Die Wahrnehmung dunkler Punkte vor der Sonnenscheibe kann nicht als Beweis eines solchen obersten Planeten gelten, sobald die Beobachter nicht überzeugend nachzuweisen vermögen, welche Mittel sie besassen, sich zu vergewissern, dass das Wahrgenommene kein entferntes Meteor gewesen. Fleissige Sonnenbeobachter, wie z. B. Weber in Pekeloh, haben häufig Gelegenheit gehabt, dunkle Punkte vor der Sonne vorbeiziehen zu sehen, sich aber immer noch überzeugt, dass es entfernte Meteore waren, wie man deren, wenngleich äusserst selten, auch bisweilen nächtlich vor der Milchstrasse vorbeiziehen sieht. Die Möglichkeit der Existenz eines jenseits des Merkur die Sonne umkreisenden Planeten, ist an und für sich nicht in Abrede zu stellen; hier galt es nur die Wahrscheinlichkeit zu erörtern, die dafür spricht, dass gegenwärtig ein derartiger Planet eine Spur seines Daseins verrathen habe.

Merkur ist wegen seiner grossen Nähe bei der Sonne für das blosse Auge schwierig zu sehen. Copernicus soll noch auf seinem Sterbebette beklagt haben, er werde ins Grab steigen, ohne jemals den Merkur gesehen zu haben. In den viel heiterern südlichen Regionen, ist der Planet nach Sonnenuntergang leichter wahrzunehmen, auch besitzt man aus dem Alterthum und Mittelalter eine Anzahl von Beobachtungen des Merkur, von denen die aus letzterer Zeit stammenden, zum Theil in Gegenden angestellt wurden, die eine gleich trübe Atmosphäre haben, wie die Weichselniederungen, wo der unsterbliche Copernicus seine Tage beschloss.

Die mittlere Entfernung Merkurs von der Sonne, oder die halbe grosse Axe seiner Bahn, beträgt 0,3870987, wenn der mittlere Abstand der Erde von der Sonne zur Einheit genommen wird. Die Excentricität der Merkurbahn ist die bedeutendste von allen, die wir bei den alten Planeten finden, nämlich (für 1800): 0,2056003 mit einer noch nicht genau ermittelten jährlichen Zunahme von $(0{,}0000002053 - 0{,}000000000042t)t$, wo t die Zahl der Jahre seit 1800. Die Excentricität der Merkurbahn ist unter allen der Planetenbahnen am frühesten erkannt worden. Alphons X., dessen Beobachtungen bis ins 11. Jahrhundert hinaufreichen, hatte schon erkannt, dass Merkur sich nicht in einem Kreise bewegt; die Bahn findet sich im 3. Bande seiner astronomischen Werke ausdrücklich als oval bezeichnet.

Im Perihel steht der Planet 6,2 Millionen, im Aphel 9,3 Millionen Meilen vom Sonnencentrum entfernt. Hiermit sind jedoch nicht seine grössten und kleinsten Entfernungen von der Erde zu verwechseln, denn er kommt uns nie näher als etwa 10 Millionen Meilen, kann sich aber bis auf 29 Millionen Meilen von uns entfernen.

Die Neigung der Bahn des Merkur gegen die Ekliptik beträgt (1800): $7^0\,0'\,4{,}53''$ mit einer Zunahme von $(0{,}0748'' - 0{,}00001269''\,t)t$.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist $45^0\,57'\,38{,}75'' + (42{,}698'' + 0'',0000378t)t$.

Die Länge des Perihels beträgt $74^0\ 20'\ 41{,}2''$ mit einem tropischen Vorrücken von $(55{,}522'' + 0'',0001110t)t$.

Merkur zeigt Phasen wie der Mond, wird also gleich diesem von der Sonne erleuchtet, doch ist der vollständige Kreislauf dieser Phasen in eine grössere Periode eingeschlossen; die wahre, siderische Umlaufszeit des Planeten beträgt 87^d, 9692578 oder $87^d\ 23^h\ 15^m\ 44^s$.

Der Erste, der die Phasen Merkurs gesehen hat, war, wie Riccioli bemerkt, der Jesuit J. B. Zupus im Mai 1639.

Bei seiner untern Conjunction, wenn die Breite des Planeten geringer als der Sonnenhalbmesser ist, projicirt er sich bisweilen für unsern Anblick als kleiner schwarzer Kreis auf der leuchtenden Sonnenscheibe. Den ersten Merkurdurchgang, den Kepler nach seinen neuen Planetentafeln berechnet hatte, beobachtete Gassendi am 7. November 1631.

Die Annales Regum Francorum, deren Verfasser Eginhard sein soll, sprechen von einem achttägigen Durchgange des Merkur vor der Sonnenscheibe. Der Planet sei als kleiner schwarzer Fleck etwas über dem Sonnenmittelpunkte sichtbar gewesen und acht Tage lang wahrgenommen worden, wenngleich die Zeiten des Ein- und Austritts wegen Bewölkung nicht anzugeben seien. Ebenso behauptete im 12ten Jahrhunderte der Araber Averrhoes den Merkur vor der Sonne gesehen zu haben. Allein da der Planet alsdann nur etwa 12″ gross erscheint, so ist es durchaus unmöglich, eine solch' kleine schwarze Scheibe auf der Sonne mit blossem Auge zu sehen.

Die Durchgänge sind für die Bestimmung der Merkurbahn von grösster Wichtigkeit und die Genauigkeit ihrer Vorausbestimmung beruht umgekehrt auf der Kenntniss der Bahnelemente dieses Planeten. Noch im Jahre 1786 waren die Vorausbestimmungen Lalande's über den Austritt des Merkur am Sonnenrande, um volle 53 Minuten unrichtig. Seitdem sind zwar die Tafeln der Bewegung dieses Planeten sehr vervollkommnet worden, allein erst in neuester Zeit haben sie durch Leverrier denjenigen Grad der Sicherheit erlangt, mit dem man sich vorläufig zufrieden stellen kann.

Für den vorletzten Merkurdurchgang, der am 12. November 1861 statt hatte, ergaben die älteren Tafeln Lindenau's den Augenblick des Austritts, auf den Erdmittelpunkt reducirt, um 9 Uhr 24 Min. 42 Sec. mittl. pariser Zeit, dagegen die Tabellen Leverrier's um 9 Uhr 27 Min. 38 Sec. Die Beobachtungen, reducirt auf den Erdmittelpunkt und mittlere pariser Zeit, ergaben:

Rom	P. Secchi	Berührung	9^h	27^m	45^s
„	Calandrelli	„	9	27	40
„	Herzog v. Massimo	„	9	27	43
Altona	Pape	„	9	27	42
„	Peters	„	9	27	35
Malta	Barthe	„	9	27	27

Das Mittel aus diesen Beobachtungen ist $9^h\ 27^m\ 38,7^s$, und weicht von Leverrier's Rechnung nur um $0,7^s$ ab, während es $2^m\ 57^s$ von den früheren Tafeln differirt. Der letzte Durchgang am 4. November 1868 hat nach Leverrier's Zusammenstellung der bekannt gewordenen Beobachtungen, ebenfalls im Ganzen eine befriedigende Uebereinkunft mit der Vorausberechnung ergeben.

Die wahre Grösse Merkurs berechnet sich, wie bekannt, aus der scheinbaren Winkelausdehnung seiner Scheibe, doch sind Mikrometermessungen der letztern wegen ihres starken Lichtes ganz besonders schwierig. Die störende Einwirkung der Irradiation bewirkt, dass Messungen der so glänzend hellen Merkurscheibe, durchgängig zu gross ausfallen. Der Gedanke liegt daher nahe, Mikrometermessungen des Planeten gelegentlich seiner Durchgänge auszuführen, wo er schwarz auf hellem Grunde erscheint. Allein auch in diesem Falle wirkt die Irradiation störend, indem jetzt die helle Umgebung in die dunkle Scheibe eingreift, ohne dass der Betrag dieser Irradiation sich aus den Beobachtungen mit Sicherheit bestimmen liesse. So fand Gambart bei dem Durchgange im Mai 1832 den Winkeldurchmesser Merkurs, auf die Sonnenentfernung reducirt, gleich 5,184″, während Beer und Mädler dafür 5,8165″ erhielten. Allein beide Resultate sind in Folge der Irradiation zu klein. In der That bestimmte Bessel am Königsberger Heliometer den fraglichen Durchmesser zu 6,6974″, und überzeugte sich gleichzeitig durch Vergleichung des direct gemessenen Sonnendurchmessers mit dem aus der Dauer des Durchganges abgeleiteten, dass sein Instrument frei von Irradiation sei.

Der wahre Durchmesser des Merkur ergibt sich hiernach zu 644 geogr. Meilen. Die Oberfläche dieses Planeten beträgt also 1,300,000 Quadratmeilen und sein Volum 132,000,000 Cubikmeilen. Merkur besitzt ungefähr das dreifache Areal des gesammten russischen Kaiserreiches.

Nach Enckes älteren Bestimmungen, wurde die Masse des Merkur zu $\frac{1}{4866000}$ der Sonnenmasse angenommen; in neuester Zeit wird der Werth $\frac{1}{4348000}$ vielfach vorgezogen. Hieraus ergibt sich die mittlere Dichtigkeit des Planeten gleich 1,56 von derjenigen der Erde, und man kann denselben in Rücksicht auf Dichtigkeit und Masse, bei der bekannten Grösse, als eine compacte Kugel aus gegossenem Eisen ansehen.

Ueber die individuellen Eigenthümlichkeiten der Oberfläche des Merkur, weiss man nur wenig Bestimmtes. Eine für uns noch wahrnehmbare Abplattung an den Polen ist von vornherein wenig wahrscheinlich und dergleichen auch bisher durch keine genaue Messung nachgewiesen worden. Die Beobachtung einer ovalen Gestalt, welche Gallet 1677 gemacht haben will, ist wegen der Unvollkommenheit des dabei benutzten Borelli'schen Fernrohres unzuverlässig, und der von Dawes gefundenen Abplattung von $\frac{1}{29}$, stehen die Bessel'schen Messungen entgegen, aus denen keine Abweichung von der Kreisgestalt folgt, wie solche auch theoretisch schwer erklärbar wäre.

Schröter und Harding glaubten im Jahre 1801 Flecke und einen

dunklen Streifen auf der Merkurscheibe wahrzunehmen, auch war Ersterer geneigt, an temporäre, meteorologische Veränderungen in der Atmosphäre jenes Planeten zu denken, indem er bisweilen plötzliche Aufheiterungen und Verdunkelungen gewisser Theile der Scheibe bemerkt haben will. Aber gewiss sind jene plötzlichen Aufheiterungen einzelner Theile der Merkurscheibe nur scheinbare und in den Aufheiterungen unserer eigenen Atmosphäre zu suchen, durch welche hindurch der Beobachter den Planeten erblickt. Dagegen dürfte es bedenklich sein, die Wahrnehmung von Flecken, welche Schröter und Harding machten, als unzuverlässig zu bezeichnen, wie dies in neuerer Zeit bisweilen geschehen ist. Schwieriger und leichter einer Täuschung unterliegend sind allerdings die Beobachtungen einer abgestumpften Gestalt des südlichen Horns des Planeten, wenn dieser als schmale Sichel erscheint. Schröter nahm an, diese periodische, von ihm zuerst wahrgenommene Abstumpfung, werde durch einen oder mehrere hohe Berge veranlasst, wodurch das Sonnenlicht aufgehalten würde und nicht die äusserste, südliche Spitze erreiche. Er berechnete die Höhe dieser Berge auf 58000 Fuss und schloss aus dem periodischen Wiedererscheinen der Abstumpfung, auf eine Umdrehungszeit von 24^h 5^m 30^s. Beide Resultate unterliegen indess manchen Bedenken. Wenn auch die Annahme hoher Gebirge in den Gegenden des südlichen Horns der Merkursichel statthaft ist, ja sogar sehr vieles für sich hat, so bleibt doch, bei der grossen Entfernung des Planeten, in der uns durchgängig eine Meile unter dem Winkel von 0,1″ erscheint (eine Grösse, die nach Herschel's Versuchen erst bei etwa 1000facher Vergrösserung sicher aufgefasst werden kann) und bei der Ungewissheit, in der wir über die Lage seiner Axe sind (nach Schröter soll der Aequator des Merkur mit der Ebene der Bahn einen Winkel von 20° bilden), eine Höhenbestimmung jener Gebirge sehr gewagt. Aber auch die Bestimmungen der Umdrehungszeit aus der Gestalt der Hornspitzen könnten, abgesehen von den hier so leicht möglichen Täuschungen, nur dann Aussicht auf Genauigkeit haben, wenn die Grösse der Phase, also die Breite der hellen Sichel, eine sehr geraume Zeit hindurch die nämliche bliebe.

Betrachtet man die, nur während einer kurzen Zeit von Schröter und Harding gesehenen Merkurflecke als Analoga unserer Wolken, so folgt daraus das Vorhandensein einer Atmosphäre um diesen Planeten von selbst. Aber auch abgesehen von dem leuchtenden Ringe, den mehrere Beobachter (Messier, Méchain, Schröter) während des Vorüberganges vor der Sonne um die Merkurscheibe gesehen haben wollen, dem indess Herschel und die meisten übrigen Astronomen widersprechen, findet man den Beweis für das Vorhandensein einer Dunsthülle um den Planeten, darin, dass die Grenzlinie des erleuchteten Theiles gegen den dunkeln hin, matter als die übrigen Punkte der glänzenden Sichel erscheint. Auch sahen am 29. September 1832 die Beobachter Beer und Mädler in Berlin, die Lichtgrenze nicht ganz scharf, sondern etwas verwaschen. Sie fanden ferner die Breite des erleuchteten Theiles gleich 0,625 vom Durch-

messer des Planeten, während sie der Rechnung nach 0,725 hätte sein müssen, solches deutet ebenfalls auf eine ziemlich dichte Atmosphäre und auf Gebirge.

Das Vorstehende ist so ziemlich Alles, was wir bisher über die Oberfläche des Merkur durch directe Beobachtung wissen, wenngleich wir uns noch verschiedene Eigenthümlichkeiten derselben, welche aus seiner Grösse und planetarischen Stellung nothwendig resultiren, versinnlichen können. Auch solches gehört in den Kreis astronomischer Erörterung, wenn die Wissenschaft von dem Gebiete einseitig abstracter Beobachtung hinaus, in fruchtbringende, anregende und Fortschritt erzeugende Beziehung zu dem nimmer rastenden Menschengeiste treten will, wo die unruhevoll grübelnde Vernunft in kritisch philosophischer Betrachtung die Natur zu erfassen strebt.

Wenn in der That, wie Schröter behauptet, der Winkel, den der Aequator Merkurs mit der Bahnebene dieses Planeten bildet, etwa 20° beträgt, so ist das Verhältniss der Jahreszeiten dort demjenigen auf unserer Erde ziemlich gleich; ebenso jenes der Tageslängen für die verschiedenen Epochen des Merkurjahres und die einzelnen Punkte der Oberfläche dieses Planeten. Aber die Dauer der einzelnen Jahreszeiten ist dort mehr als viermal kürzer wie auf unserer alten Erde, indem sie nur auf je drei Wochen steigt. Abgesehen von der Intensität der Wärme, die, wenn sie ausschliesslich von dem Abstande von der Sonnenoberfläche abhinge, auf dem Merkur durchschnittlich 6,674 mal bedeutender als auf unserer Erde sein müsste, könnten schon wegen der kurzen Dauer der verschiedenen Jahreszeiten; viele unserer irdischen Pflanzen dort nicht zur vollen Entwicklung gelangen. Die Wärmeverhältnisse hängen aber mit ab von der eigenthümlichen Beschaffenheit der Planetenatmosphäre und der Vertheilung des Starren und Flüssigen auf der Oberfläche. Dagegen erleuchtet die Sonne den Merkur mit einer weit bedeutendern Lichtintensität wie die Erde, indem dieser Planet in seiner Sonnennähe 10,58 und in seiner Sonnenferne noch 4,59 mal mehr Licht empfängt wie der Erdball. Nach den schönen Versuchen von Boussingault über den Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung der Pflanzen, könnte solche vermehrte Intensität des Lichtes neben jener der Wärme, vielleicht die kurze Vegetationsdauer auf dem Merkur compensiren.

Wegen der geringen Masse dieses Planeten, ist die Schwerkraft an seiner Oberfläche weniger bedeutend als auf der Erde; der Fallraum in der ersten Secunde beträgt nur 8,7 Fuss. Das Gewicht, d. h. der Druck eines Gegenstandes gegen seine Unterlage, ist demnach auf Merkur nur 0,6 von demjenigen auf der Erde.

Bei Speculationen über die individuellen und vegetativen Verhältnisse ferner Weltkörper, erscheint die Phantasie doppelt angeregt, auf den wenigen sichern, durch Beobachtung erhaltenen Grundlagen weiterbauend, Gebilde herzustellen, deren Realität sich niemals wird nachweisen lassen.

Venus.

Der zweitnächste Planet bei der Sonne unter allen bekannten, welche die Weltleuchte in elliptischen Bahnen umkreisen, ist Venus, der „Morgen“- und „Abendstern“ bei fast allen Völkern. Er ist in der That der schönste Stern am Himmel und ausser der Sonne und dem Monde der Einzige, dessen Licht so hell, dass es deutlich einen Schatten hinter dem beleuchteten Körper erzeugt. Im Sanskrit heisst Venus 'sukra, d. h. der Glänzende, auch wohl bisweilen daitya-guru, d. h. Titanenlehrer. In der Planetenverehrung der Sipasier wird der Stern Nahid genannt und Kanne nebst Oelflasche haltend abgebildet.

Venus zeigt als unterer Planet ähnliche Lichtgestalten wie Merkur; gesehen wurden diese Phasen zuerst von Galilei im Jahre 1610 unter Anwendung des eben erfundenen Fernrohres.

Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 0,7233322 und die Excentricität, die geringste bei den bekannten Hauptplaneten, $0{,}00685903 - (0{,}0000004800 - 0{,}0000000000107\,t)t$.

Die wahre siderische Umlaufszeit ist 224^d, 7007869 oder 224 Tage $16^h\ 49^m\ 8^s$. Weil die Bahn nur wenig vom Kreise abweicht, so ändert sich die mittlere Entfernung von der Sonne (14,9 Millionen Meilen) nur ziemlich unbedeutend; dagegen variirt die Distanz von der Erde zwischen 5 und 35 Millionen Meilen.

Die Länge des Perihels beträgt (für 1800,0) $128^0\ 42'\ 48{,}2''$, mit einem tropischen Vorrücken von $(50{,}602'' - 0{,}0003878''t)t$.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist $74^0\ 52'\ 58{,}0''$ und nimmt tropisch um $(32{,}861'' + 0{,}0000858''t)t$ zu.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik beträgt $3^0\ 23'\ 28{,}1''$ mit einer jährlichen Zunahme von $(0{,}0384'' - 0{,}0000209''t)t$.

In Folge der grossen Unterschiede der Entfernung, in welchen sich Venus von der Erde befinden kann, zeigt sich auch der Glanz dieses Planeten sehr verschieden. Im hellsten Lichte erscheint derselbe für die Erde in einem Theile seiner Bahn zwischen der untern Conjunction und der grössten Digression. Nach Professor Wittstein findet dies statt 35 bis 38 Tage vor oder nach der Conjunction, während man früher 50 und selbst 70 Tage dafür annahm. Die Breite der leuchtenden Sichel beträgt dann noch nicht ein Viertel vom scheinbaren Durchmesser des Planeten,

aber die grosse Erdnähe bewirkt, dass ihr Licht stark genug erscheint, um in Abwesenheit der Sonne Schatten zu werfen.

Das überhaupt erreichbare Maximum des Glanzes findet nach Ablauf von je 8 Jahren statt und der Planet ist dann am hellen Tage nahe bei der Sonne für das blosse Auge sichtbar.

Mit Uebergehung der Erzählung Varro's, dass Aeneas auf der Fahrt von Troja nach Italien Venus am Tage gesehen habe, möge hier erwähnt werden, dass dieser Planet in den Jahren 1609, 1630, 1716, 1750, 1760 und 1799 an verschiedenen Orten in grossem Glanze neben der Sonne ist wahrgenommen worden. Professor Heis bemerkt, dass er sehr häufig bei hellem Sonnenscheine Venus (und selbst Merkur) habe wahrgenommen, zur Zeit ihres grössten Glanzes sogar in den Mittagstunden. Nach Schmidt lässt sich für Athen unter günstigen Umständen Venus in der Dämmerung noch sehen, wenn ihr scheinbarer Abstand vom Sonnenmittelpunkte 10 bis 11 Grad beträgt.

Der mittlere scheinbare Durchmesser dieses Planeten reducirt auf die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt nach den älteren Messungen 16,8″; Arago fand später 16,90″. Eine Reihe genauer Messungen, die Mädler in den Jahren 1833 und 1836 zu Berlin anstellte und wobei die constanten Fehler der Messungen (Irradiation, fehlerhafte Fädendicke etc.) aus diesen letzteren selbst bestimmt wurden, ergab als Resultat für den Venusdurchmesser 17,134″. Lässt man diesen Werth gelten, so findet man für den Durchmesser des Planeten 1648 deutsche Meilen. Da nun seine Masse $\frac{1}{412150}$ der Sonnenmasse beträgt, so ist seine durchschnittliche Dichtigkeit 0,97 von jener unserer Erde, also bis auf einen unbedeutenden und füglich in den Beobachtungen selbst liegenden Bruchtheil dieser vollkommen gleich. Secchi's neuere Messungen des Venusdurchmessers im Jahre 1857, weichen bedeutend von einander ab; sie ergeben 16,46″ am Tage und 17,22″ Nachts.

Der Fall der Körper auf der Venusoberfläche, beträgt in der ersten Secunde 14 pariser Fuss, also nur $^1/_{15}$ weniger als auf unserm Planeten.

Die Venusscheibe zeigt keine Spur von Abplattung; ebenso gehört die Wahrnehmung dunkler Flecke auf derselben zu den seltensten Ausnahmen. Der Erste, der derartige Flecke sah, war Dominicus Cassini, am 28. April 1667, nachdem er schon vorher, am 14. October 1666, einige besonders helle Stellen auf der glänzenden Planetenkugel wahrgenommen zu haben glaubte.

Weitere Beobachtungen, die bis zum 6. Juni fortgesetzt werden konnten, führten zu dem Resultate, dass Venus sich um ihre Axe drehe und Jacob Cassini leitete aus den Beobachtungen seines Vaters eine Umdrehungsperiode von 23^h 15^m ab.

Die vorstehend genannten Beobachtungen wurden sämmtlich in Rom gemacht; als Cassini später nach Paris berufen worden, gelang es daselbst nicht mehr, selbst unter Anwendung der grossen Fernrohre, welche

die königliche Munificenz Ludwig's dem italienischen Astronomen zur Disposition stellte, Flecke auf der Venusscheibe zu unterscheiden.

Sechzig Jahre später, im Sommer 1726, untersuchte Bianchini unter dem klaren Himmel Italiens aufs Neue den Planeten und bemerkte eine Anzahl von Flecken, deren Lage er feststellte und darnach selbst eine Zeichnung der Venusoberfläche entwarf. Aus ihrer langsamen Bewegung glaubte er schliessen zu dürfen, dass der Planet sich in 24 Tagen 8 Stunden einmal um seine Axe drehe.

Die ungemeine Verschiedenheit in den Resultaten beider Beobachter hat zu lebhaften Discussionen Veranlassung gegeben, um so mehr, als es fast 120 Jahre hindurch nicht mehr gelingen wollte, Flecke auf der Venus wahrzunehmen. Herschel sah zwar nach vieljährigen vergeblichen Bemühungen, zwischen dem 19. Juni und 3. Juli 1780, Spuren von sehr matten Flecken, aus deren Beobachtung ihm wahrscheinlich ward, dass der Planet eine bedeutend schnellere als die Bianchini'sche Umdrehung besitze, allein zu einem bestimmten Rotationsresultate konnte er nicht gelangen.

Herschel war sehr geneigt anzunehmen, dass die matten, von ihm gesehenen Flecke, nicht der festen Oberfläche des Planeten angehörten, sondern unseren Wolken vergleichbare Theile seiner Atmosphäre seien.

Neben ihm wandte besonders Schröter seine Aufmerksamkeit der Venus zu. Wie bei Merkur, so fand er auch hier und noch in weit auffallenderem Grade, dass die Sichel der mondartig erscheinenden Venus nicht genau die regelmässige Gestalt besitzt, welche sie haben müsste, wenn der Planet eine vollkommene Kugel wäre. Die unregelmässige Gestalt der Hörner machte es vielmehr wahrscheinlich, dass die Oberfläche des Planeten gebirgig ist.

Schon Lahire hatte übrigens im August 1700 die Ungleichheiten der Sichelgestalt wahrgenommen, aber erst Schröter widmete der Erscheinung andauernde Beachtung. Aus den Gestaltänderungen der Hörnerspitzen leitete er eine Umdrehungsperiode von $23^h\ 21^m\ 19^s$ ab, sehr nahe mit Cassini's Resultat übereinstimmend. Auch beobachtete derselbe Astronom am 28. December 1789, am 31. Januar 1790 und am 27. Februar 1793, in der Nähe des südlichen Horns einen isolirten, hellen Punkt, der von der leuchtenden Sichel durch einen schmalen, dunklen Zwischenraum deutlich getrennt erschien. Diese Wahrnehmungen wurden durch verschiedene, auf Schröter's Observatorium anwesende Personen bestätigt. Der Beobachter zog mit Recht den Schluss, dass jene isolirten Punkte die Spitzen von hohen Gebirgen seien, welche aus der Nachtseite bis in die Lichtgrenze ragten, und berechnete, dass die Höhe jener Bergerhebungen 114000 Fuss betragen müsse.

Nach Herschel's Vorgange hat man, besonders in neuerer Zeit, diese Beobachtungen in geringschätzender Weise ignorirt. Aber, wenn auch zugestanden werden muss, dass eine Höhenbestimmung von Venusgebirgen (ebenso wie beim Merkur) sehr misslich bleibt, indem der wahrscheinliche

Fehler solcher Berechnungen nahe eben so gross wie das Resultat sein wird, so ist es doch jedenfalls voreilig, die Beobachtungen isolirter Punkte an der Lichtgrenze der Venus, die noch dazu durch verschiedene Vergrösserungen und verschiedene Beobachter constatirt wurden, deshalb zu verwerfen, weil sie seitdem von Niemand wiederholt wurden.

Nach Schröter haben besonders Beer und Mädler den Planeten im Jahre 1836, als er eine ausgezeichnet günstige Stellung für die nördliche Erdhälfte einnahm, fleissig beobachtet. Sie fanden den Glanz der Scheibe gegen die Lichtgrenze hin matt abfallend, wie auch schon früher Schröter bemerkt hatte. Die Gestalt der Hörner erschien ihnen ebenfalls unregelmässig und schnell veränderlich; auch glaubten sie mehrmals die nämliche Gestalt nach Ablauf von 23 bis 24 Stunden wiederkehren zu sehen. Flecke zu unterscheiden gelang ihnen nicht, nur ein einziges Mal, am 7. April, meinten sie einen matten Anflug wahrzunehmen, doch ohne Gewissheit darüber erlangen zu können. Auch Lamont's Bemühungen, der mit dem grössten damals existirenden Refractor um dieselbe Zeit den Planeten eifrig beobachtete, blieben ohne den allergeringsten Erfolg bezüglich der Wahrnehmung von Flecken. Erst de Vico, abermals unter der so ausnehmend heitern römischen Atmosphäre, erkannte in den Jahren 1840 bis 1842 mit dem Cauchoix'schen Instrumente deutliche Flecke, die ihm eine Umdrehungszeit von $23^h\ 21^m\ 21{,}93^s$ ergaben, nur 3^s von Schröter's Resultat abweichend. Um die Mitte des Jahres 1868 haben Browning, With und Huggins an verschiedenen Abenden in der Nähe der beiden Hörner der sichelförmigen Venus helle Flecke wahrgenommen; ausserdem sah der erstgenannte Beobachter am 15. März, als Venus zu 0,7 erleuchtet war, auch eine Vielzahl dunkler Contouren, die mit helleren Flecken besetzt waren. Die Venusflecke sind besser bei Tage wahrzunehmen als bei Nacht.

Als die Beobachter Beer und Mädler die Breite des leuchtenden Theiles der Venussichel maassen, und die so erhaltenen Resultate mit denjenigen verglichen, welche unter der Voraussetzung, dass der Planet eine vollkommene Kugel sei, durch Berechnung gefunden wurden, ergab sich, dass der erleuchtete Theil der Venus weniger breit erschien, als er der Rechnung nach sein musste. Die Beobachter geben davon folgende Erklärung.

„Betrachtet man den ab- oder zunehmenden Mond, besonders am Tage, mit freiem Auge, so erscheint uns die Breite der Sichel senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Hörner, ebenfalls verkleinert, und man glaubt noch eine hohle Einbiegung der Lichtlinie zu sehen, wenn der Mond wirklich schon in einem der beiden Viertel steht, die Lichtgrenze also nothwendig eine gerade Linie bildet. Die grossen schwarzdunklen Schatten der hohen Mondgebirge nahe der Lichtgrenze, bewirken einen Gesammteindruck, der dem des dunklen Himmelsgrundes ganz nahe steht und nur im Fernglase von ihm unterschieden werden kann. Nun wird Venus durch eine bei ihr noch anwendbare Vergrösserung etwa in das-

selbe optische Verhältniss zu uns gesetzt, wie der Mond zum freien Auge; ist ihre Oberfläche also von Gebirgen durchzogen, so wird sich das Phänomen so gestalten müssen, wie es beobachtet wird. Wären die Gebirge aber von einer Höhe von 3 bis 4 Meilen, so müsste die Lichtgrenze gleichsam ausgezackt erscheinen, wie die des Mondes dem freien Auge. Auf der Erde bedeckt der Schatten eines 24000 Fuss hohen Berges, wenn er in eine meeresgleiche Ebene fällt und bis an die Lichtgrenze reicht, einen Bogen von $2^0 50'$ des Aequators und wird unter einem Winkel von 0,594″ gesehen, wenn der Halbmesser des Planeten 12″ gross erscheint, wie es beiläufig in den Quadraturen der Venus der Fall ist, und bei einem Berge, dessen Höhe $\frac{4000t}{n}$ beträgt, wird die obige Grösse des Schattens nahe $\frac{0{,}594''}{\sqrt{n}}$. Um daher eine Verminderung der Breite des sichtbaren Theils, wie sie oben gefunden worden, zu erklären, würde nichts uns nöthigen, der Venus höhere Gebirge zu ertheilen, als der Erde."

Den Beobachtungen von Beer und Mädler entgegen, haben früher Herschel und Schröter bisweilen den erleuchteten Theil der Venus grösser gesehen, als er der Rechnung nach sein musste.

Schröter sah am 12. August 1790 einen schwachen Lichtsaum 8 Bogensecunden oder 15 Grad am Rande der Venus sich über die nördliche und südliche Hornspitze hinauserstrecken. Wenn nun auch die Sonne in Folge ihres grössern Durchmessers mehr als eine Halbkugel des Planeten erhellt, und demnach der äussere Rand der leuchtenden Sichel grösser als ein halber Kreisbogen oder 180 Grad sein muss, so beträgt doch diese Vergrösserung für die nördliche und südliche Sichelspitze höchstens nur je 1 Grad, so dass der helle Gesammtumfang 182 Grad ausmacht, während Schröter denselben auf 210 Grad ausgedehnt erblickte. Allerdings erschien der jenseits der eigentlichen Hornspitzen längs des Randes sich erstreckende Schein ungemein schwach, aber gerade dadurch wurde Schröter auf die Ursache desselben geführt, die er, mit vielem Rechte, in einer Refraction und Reflection des Sonnenlichtes in der Venusatmosphäre findet. Jene in mattem Zwielichte erscheinende Zone der Venuskugel, umschliesst demnach diejenigen Regionen des Planeten, für welche die Sonne eben auf- oder untergeht, es ist mit anderen Worten die Dämmerungszone. Aus ihrer Winkelbreite glaubte Schröter ferner schliessen zu dürfen, dass die Constitution der Venusatmosphäre, wenigstens in optischer Beziehung, nahe mit derjenigen unserer Erde übereinstimmt. Indem Herschel das schwache Licht längs des Venusrandes ebenfalls der Atmosphäre dieses Planeten zuschreibt, wird es ihm wahrscheinlich, dass dieselbe aus Stoffen besteht, welche stark das Licht brechen und reflectiren. In diesem Falle, äussert der berühmte Astronom, muss nämlich die Helligkeit am Rande der Scheibe scheinbar bedeutend zunehmen, weil hier die Gesichtslinie von uns, die Atmosphäre der Venus schief in ihrer grössten Breite trifft. Secchi hat den Dämmerungsbogen am 8. Mai 1857 deut-

lich erkannt; er erstreckte sich beiderseits $19^1/_2$ Grad über die Hörnerspitzen hinaus, also weiter noch wie früher Schröter fand. Der römische Beobachter schliesst sich den Herschel'schen Ansichten über die Constitution der Venusatmosphäre im Ganzen an.

Die scharfsinnigen und interessanten Speculationen der beiden berühmten Beobachter zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, findet man heutzutage nur selten und beiläufig in astronomischen Schriften erwähnt. Doch ist es gerade jetzt an der Zeit, von Neuem und eindringlich darauf aufmerksam zu machen, indem heute dem beobachtenden Astronomen Instrumente zur Messung der Lichtintensität der Himmelskörper und ihrer einzelnen Oberflächentheile zu Gebote stehen, deren Benutzung uns überraschende Aufschlüsse über die optischen Verhältnisse in den Dunstkreisen der Planeten verschaffen kann, auf welche man ohnedies hätte verzichten müssen.

Nicht mit dem im Vorhergehenden besprochenen schwachen Dämmerungsphänom ist die nur selten wahrnehmbare Erscheinung eines phosphorartigen Schimmers der ganzen dunklen Venusscheibe zu verwechseln. Auf dieses räthselhafte Phänom hatte schon Derham in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts (1739) aufmerksam gemacht. Wenn Venus sichelförmig erscheint, sagte er, so lässt sich bisweilen der dunkle Theil ihrer Kugel in blassem, röthlichem Lichte wahrnehmen. Genauer und früher noch wurde die Erscheinung beschrieben von Ch. Kirch, der sie zwei Mal wahrgenommen. „Am Sonnabend den 7. Juni 1721," sagt dieser Astronom, „fand ich Venus in einer Gegend, wo der Himmel nicht sehr klar war. Der Planet war schmal, sein Durchmesser 65″ und es schien mir sehr, als ob ich seinen dunkeln Theil sähe, wiewohl mir dies sehr unglaublich vorkommt. Die helle Sichel zitterte in den Dünsten."

„Freitags, am 8. März 1726, observirten wir Venus mittelst des 26-füssigen Tubus. Ich erkannte die dunkle Seite und zwar schien mir der Rand derselben einem kleinern Kreise anzugehören als der helle Rand, ähnlich wie dies auch beim Monde der Fall zu sein pflegt. Die Herren Harper und Möller bestätigten die Wahrnehmung. Ich hatte die gewöhnliche Bedeckung vor dem Tubus, jedoch keine enge Oeffnung, wie man sonst bei Beobachtung der Venus anwendet. An der Licht- und Schattengrenze erschien Venus dunkler als am äussern hellen Rande und gleichsam fleckicht."

Eine fernere Beobachtung dieser Art rührt von Andreas Mayer in Greifswalde her. Am 20. October 1759, 12^h 45^m Mittags, stand der Planet im Meridian von Greifswalde 14^0 35′ über dem südlichen Horizonte. Ausser der schmalen, intensiv leuchtenden Sichel war der ganze übrige Theil der Scheibe sichtbar.

Hahn zu Remplin bemerkte das gleiche Phänom im Jahre 1796. Aus seinem Briefe an Bode geht hervor, dass er bisweilen die ganze dunkle, von einem feinen Lichtkreise am Rande umgebene Planetenscheibe erkannte, bisweilen auch nur einen mehr oder weniger breiten Theil, so

dass die Venus eine ovale Figur anzunehmen schien. Die Farbe des secundären Lichtes schien dem Beobachter bräunlichgrau zu sein.

Harding in Göttingen bemerkte, als er am 24. Januar 1806 um $7^h\ 10^m$ Abends den Planeten mit einem zehnfüssigen Spiegelteleskope und 84facher Vergrösserung betrachtete, ebenfalls die ganze von der Sonne nicht erleuchtete Kugel in matt aschgraulichem Lichte schimmern. Am 3., 16. und 21. Februar vermochte er nichts von dieser Erscheinung zu sehen, dagegen war sie am 28. um $6^h\ 12^m$ während der Dämmerung ausgezeichnet deutlich sichtbar und ebenso am 1. März. Die Farbe des Lichtschimmers schien röthlichgrün zu sein.

Um dieselbe Zeit, nämlich am 14. Februar 7^h Abends, bei gährender Luft und 10 Grad Elevation des Planeten über dem Horizonte, sah Schröter mit dem 27füssigen Reflector, die ganze nicht von der Sonne erleuchtete Kugel in äusserst mattem, dunkelm Lichte schimmern. Nachdem einige Tage dunstiger Himmel gewesen, beobachtete Schröter aufs Neue am 23., 24. und 28. Februar bei günstiger Luft, ohne jedoch während des Mondlichtes und der Dämmerung, in welche der Planet schon gerückt war, etwas von dem schwachen Schimmer entdecken zu können.

Erst neunzehn Jahre später ward die Erscheinung abermals wahrgenommen, nämlich am 8. Juni 1825 4^h Morgens von Gruithuisen in München.

Am 20. April 1865 endlich sah Dr. Engelmann in Leipzig in dem 10füssigen Steinheil'schen Refractor ebenfalls das secundäre Licht des Planeten; es erschien in etwas hellerm, graugrünlicherm Tone als der Himmelsgrund.

Ich habe die Beobachtungen des secundären Lichtes der Venus hier alle ausführlich mitgetheilt, weil das Phänom seiner Natur nach noch immer unerklärt geblieben ist.

Olbers und Herschel glaubten nach dem Vorgange Harding's, die Erscheinung entstehe durch eine eigenthümliche Phosphorescenz in der Atmosphäre oder an der Oberfläche des Planeten. Harding sagt: „Wenn wir den dunkeln, von der Sonne abgewandten Theil der Mondscheibe wahrnehmen, so zweifelt Niemand daran, dass diese Erscheinung von reflectirtem Lichte der Erde herrühre. Allein sollte die Erde auch wohl der Venus so viel Licht zusenden können, dass dadurch ihre ganze Nachtseite aus einer so ansehnlichen Ferne noch sichtbar werden könnte? Es ist wahr, das Licht, welches Venus unserer Erde zuschickt, ist lebhaft genug, um selbst Schatten sichtbar zu machen, und zwar zu einer Zeit, wo die von der Sonne erleuchtete Halbkugel der Venus nur etwa zu $^1/_8$ sichtbar ist, wie es am 24. Januar 1806 der Fall war. Die Erde, damals zu $^7/_8$ ihrer erleuchteten Scheibe von der Venus aus sichtbar, musste diesem Planeten, ungeachtet das Sonnenlicht bei uns nur halb so stark ist, dennoch heller erscheinen, als er uns, wenn anders die dichtere Erdatmosphäre hierin keine Aenderung machen sollte. Allein müsste nicht, wenn reflectirtes Erdlicht die Sichtbarkeit der dunkeln Venuskugel be-

wirkte, die Erscheinung eben so oft vorkommen, als dieser Planet in eine ähnliche Lage gegen Erde und Sonne kommt? Hiervon sagen uns aber auch die fleissigsten Beobachter der Venus nichts; denn was einst Graf von Hahn wahrnahm, scheint nicht ganz mit meinen Wahrnehmungen übereinzukommen. Ich bin daher geneigt, dieses dämmernde Licht in der Nachtseite der Venus für die Wirkung einer Phosphorescenz zu halten, bei welcher dieser Planet aus seinem Körper so viel Licht zu entwickeln die Fähigkeit habe, dass dadurch seine in Nacht liegende Halbkugel selbst aus einer so ansehnlichen Ferne noch sichtbar werden könne. Ist die Erscheinung die Wirkung einer Phosphorescenz, so ist dazu eine gewisse Disposition der Atmosphäre oder der Oberfläche des Planeten erforderlich, um sie hervorzubringen; und diese könnte ihm durch die Zusammenkunft mancher Umstände selbst mehrere Jahre lang mangeln, dann aber, in einer andern Periode, wieder eine Zeit lang auf ihm vorhanden sein, so wie bei uns das Nordlicht gleichfalls an gewisse Perioden gebunden zu sein scheint, mit welchem Lichte die Phosphorescenz der Venus vielleicht grosse Aehnlichkeit haben mag.“ Sehen wir einen Augenblick zu, wie sich die Harding'sche Erklärung mit den optischen Gesetzen, die dabei zur Anwendung kommen, vereinigen lässt.

Nimmt man nicht an, dass gerade sämmtliche Theile der Venusatmosphäre jenes Licht erzeugen, was jedenfalls unwahrscheinlich ist, sondern dass der phosphorische Schein vielmehr in den tieferen Theilen oder an der Planetenoberfläche selbst entsteht, so muss die Helligkeit gegen die Ränder der Scheibe hin für unsern Anblick abnehmen, indem wir schief gegen jene Theile der Oberfläche blicken und der Lichtstrahl, der von dort in das Auge des Beobachters gelangt, einen sehr viel grössern Weg durch die Venusatmosphäre zu laufen hat und folglich eine grössere Extinction erleidet, als ein vom Mittelpunkte der Scheibe ausgehender Strahl. Wäre dagegen keine Venusatmosphäre vorhanden, so würde der Rand der Planetenscheibe eben so hell wie der Mittelpunkt erscheinen, weil der Visionsradius in dem nämlichen Verhältnisse mehr materielle Punkte umfasst, als das schief emanirende Licht geschwächt erscheint. Wird aber ein von einer Atmosphäre umhüllter Planet von aussen erleuchtet, so muss, wenn jene Dunsthülle nicht das Licht wie eine dichte Nebelschicht absorbirt, der Rand der Planetenscheibe um ein Gewisses heller als der Mittelpunkt erscheinen. Dies findet nun bei dem secundären Lichte der Venus in der That statt, indem die Beobachter des Phänoms den Rand der Planetenscheibe sich scharf vom Himmelsgrunde abheben sahen, und Hahn, der einige Male nur einen Theil der Scheibe erblickte, ausdrücklich erklärt, in anderen Fällen den Rand bestimmt heller als die Mitte der Scheibe gesehen zu haben. Es ergiebt sich sonach, bloss auf optische Beobachtungen gestützt, der Schluss, dass jenes eigenthümliche Licht in der Venus' Nachtseite wahrscheinlich nicht einer Phosphorescenz des Planeten zuzuschreiben ist, sondern vielmehr, dass es der Reflex einer Beleuchtung durch einen andern Weltkörper ist.

Aber wo ist dieser Weltkörper zu suchen? Ist es der Merkur? oder die Erde? oder schliesslich ein Venusmond? Wir werden diese Fragen der Reihe nach in Erwägung zu ziehen haben.

Die Vermuthung, welche Arago zulässig findet, dass das secundäre Licht der Venus durch den Planeten Merkur hervorgerufen werden möge, wird durch eine einzige Bemerkung zur Seite geschoben. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne ist fast doppelt so gross wie jene Merkurs. Nun erscheint das secundäre Licht auf dem der Erde zugewandten Mittelpunkte der Venusscheibe; es kann daher nicht von dem Merkur herrühren, weil dieser Planet, dessen Bahn nicht 4 Grad gegen die Venusbahn geneigt ist, niemals in eine Stellung gelangt, in welcher er die uns zugewandte Scheibe der Venus so erleuchten könnte, wie dies in der That wahrgenommen worden ist.

Die Frage, ob vielleicht der phosphorische Schein der Venus von auf diesen Planeten fallendem und reflectirtem Erdlichte herrühre, ist schon früher von den ersten Beobachtern aufgeworfen worden. Nach kurzer Ueberlegung gelangen sie indess sämmtlich zu dem Schlusse, dass hieran nicht gedacht werden könne. Schon Hahn bemerkt in seinem Briefe an Bode: „Ich bin überzeugt, dass Sie mich nicht so verstehen, als wenn ich das matte Licht entweder einer Erleuchtung durch die Sonne oder einem reflectirten Erdenlichte beimessen könnte;“ und Schröter sagt: „Es ist immer möglich, dass die Erde etwas Licht auf die Nachtseite der Venus reflectire, unterdessen gestehe ich, dass mir solches allein für die Sichtbarkeit der dunkeln Venuskugel keineswegs hinzureichen scheint.“

Eine genauere Untersuchung hierüber hat 1859 J. Rheinauer gegeben. Er kommt zu dem Resultate, dass die besonders durch die Erde hervorgerufene Beleuchtung der dunkeln Venushemisphäre in der Nähe der untern Conjunction der Art ist, dass ihr Reflex der Helligkeit eines Sternes 13. Grösse gleich sei, vielleicht noch stärker, wenn man gewisse, aus der scheinbaren Bewegung des Planeten entspringende, die Sichtbarkeit begünstigende Umstände mit in Anschlag bringt. Man muss indess doch gestehen, dass die so berechnete Helligkeit, selbst wenn man sie bis zu derjenigen eines Sternes 10. Grösse heraufrücken wollte, nicht genügend wäre, alle Umstände des Phänoms zu erklären. In der That ist die Erscheinung in der Dämmerung und selbst um Mittag wahrgenommen worden, und zwar in mittelmässigen Fernrohren. Nun zeigt aber selbst der Dorpater Refractor nur ausnahmsweise bei Tage einen Stern 9. Grösse und das Kopenhagener Aequatoreal unter den besten Umständen Sterne 12. Grösse nur in 8 Minuten Distanz vom Mars, der ungleich geringer glänzt, als die intensiv leuchtende Venussichel. Man muss daher schliessen, dass das Licht eines Sternes 10. Grösse, wenn es über die ganze dunkle Venusscheibe vertheilt wäre, selbst in den besten Fernrohren nicht mehr wahrgenommen würde, viel weniger also in Derham's, Mayer's und Harding's Instrumenten. Unter der Annahme hingegen, dass das phosphorische Licht der Venus der Schein ist, den ein diesen Planet umkreisender

Mond (von derselben Grösse, Reflexionsfähigkeit und gleichem Abstande wie unser Mond) erzeugt, finde ich unter Zugrundelegung von Zöllner's photometrischen Messungen, dass das phosphorische Licht der Venus, die Gesammthelligkeit eines Sternes 1. Grösse besitzt. Bei solcher Intensität ist es freilich möglich, dasselbe auch in schwächeren Fernrohren wahrzunehmen. So leicht aber auch unter dieser Annahme die Erklärung des secundären Lichtes der Venus erscheint, so problematisch bleibt die Existenz des supponirten Mondes, wie wir weiter unten sehen werden. Wenn aber die Gesammthelligkeit jenes Lichtes gewiss einem Sterne 1. Grösse vergleichbar ist, so muss es doch, wie schon oben bemerkt, neben der starkglänzenden Venussichel merklich schwächer erscheinen. Es ist sehr zu bedauern, dass die Beobachter des Phänoms nicht daran gedacht haben, die Planetensichel im Focus des Fernrohres zu verdecken. Untersucht man in einem Refractor die Venus und steigert die Vergrösserung nach und nach, so erscheint die Sichel nicht ganz wie bei den sonnenfernen Planeten in dem Maasse an Helligkeit abzunehmen, als die Vergrösserung wächst, sondern bis zu einer gewissen Grenze bleibt der Glanz der Sichel ziemlich gleich intensiv. Es ist dies eine Folge der starken Beleuchtung und Reflexionsfähigkeit des Planeten. Für die dunkle Seite findet dies aber, wegen der schwachen Beleuchtung, nicht mehr statt. Diese muss vielmehr immer in dem Maasse lichtschwächer werden, als die Vergrösserung steigt. Betrachten wir nun die Wirkung eines grossen Fernrohres mit starker Vergrösserung, bezüglich der Venus, so finden wir, dass es bei zunehmender Vergrösserung den Glanz der leuchtenden Sichel merklich weniger vermindert, als die Helligkeit der dunkeln Seite, eine Verminderung, die bei letzterer in Folge des Contrastes noch um so bedeutender wird. Gebraucht man bei Anwendung eines grossen Refractors die Vorsicht, die leuchtende Venussichel zu verdecken, so erscheint es sehr wahrscheinlich, dass man das secundäre Licht weit häufiger als bisher wahrnehmen wird. Ich habe selbst hierüber Versuche angestellt und bei 190^m Vergrösserung um die Zeit des grössten Glanzes des Planeten verschiedene Male Nichts bemerkt und nur ein Mal einen schwachen Anflug, von dem ich nicht entscheiden mag, ob es Täuschung war oder nicht. Diese ersten negativen Resultate sprechen indess noch keineswegs gegen die Zulässigkeit der eben gezogenen Schlüsse.

Es wurde bereits der problematischen Existenz des Venusmondes gedacht, über den sich Humboldt im Kosmos zu dem Ausspruche berechtigt glaubte, er gehöre zu den astronomischen Mythen einer unkritischen Zeit. Der Erste, der einen solchen Venusmond beobachtet haben will, war Fontana, 1645; ihm folgte Dominicus Cassini am 25. Januar 1672, und eine ähnliche Beobachtung machte er am 28. August 1686. Am 23. October 1640 sah Short, als er mit einem 15füssigen Spiegelteleskope Venus beobachtete, ein Sternchen in ihrer Nähe, das bei 140. und 240facher Vergrösserung eine deutliche Sichelgestalt wie der Planet zeigte. Short beobachtete diesen Mond eine volle Stunde lang unter Anwendung

verschiedener Vergrösserungen und Teleskope. Er gebrauchte die Vorsicht, den vollkommen guten Zustand seiner Instrumente dadurch zu bekunden, dass er angab, an jenem Tage zwei dunkle Flecke auf der Venusscheibe deutlich erkannt zu haben. Montaigne zu Limoges (zwischen dem 3. und 11. Mai 1761), Rödkier (am 3. und 4. März 1764) und Horrebow (am 10. und 11. März 1764) zu Kopenhagen, sowie Montbarron (am 15., 28. und 29. März 1764) zu Auxerre, haben ebenfalls einen Mond in der Nähe der Venus gesehen und sich nach ihrer Angabe selbst auf verschiedene Weise davon überzeugt, dass ihre Wahrnehmungen nicht auf einer Täuschung beruhten. Lambert berechnete nach diesen Beobachtungen die Bahn des fraglichen Satelliten und fand, dass sein Abstand von der Venus nahe ebenso gross wie derjenige unseres Mondes und auch seine Grösse nur um ein Geringes von derjenigen des Erdtrabanten verschieden sei, dagegen würde seine Bewegung in einer Ebene stattfinden, die gegen die Ekliptik um 63^0 geneigt ist.

Es ist allerdings eigenthümlich, dass man den fraglichen Mond seit einem ganzen Jahrhundert nicht wiedergesehen hat; aber die neuerdings in Deutschland üblich gewordene Abfertigung der obengenannten Beobachtungen als „Seitenabspiegelungen in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern“ wäre nur dann einigermaassen zu rechtfertigen, wenn jene Wahrnehmungen bloss von Dillettanten, nicht von Astronomen und zum Theil von dem ersten Optiker seiner Zeit (Short) herrührten. Die häufige Wahrnehmung um 1764 herum weist zudem auf etwas Periodisches hin, über das noch gegenwärtig keine Hypothesen aufzustellen sind. —

Die spectroskopische Untersuchung des Lichtes der Venus hat die dunkeln Linien gezeigt, die auch im Sonnenspectrum sich vorfinden; ausserdem findet Secchi aus seinen neuesten Beobachtungen, besonders in der sogenannten Brewster'schen Region δ, schwache Linien, die er dem Wasserdampfe und dem Einflusse der Venusatmosphäre zuschreibt; ferner deutet dem italienischen Gelehrten die verstärkte Stickstofflinie nahe bei F auf eine grosse Analogie der Atmosphäre der Venus mit jener der Erde.

Es verbleibt noch, der Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe zu gedenken, die freilich seltener für diesen Planeten als für den Merkur eintreten. Die regelmässige Aufeinanderfolge der ekliptischen Venus-Conjunctionen ist in eine grosse Periode von 423 Jahren eingeschlossen, die vier kleinere Perioden enthält, deren Dauer $105^1/_2$, 8, $121^1/_2$ und abermals 8 Jahre beträgt. Der letzte Vorübergang fand statt 1769 am 3. Juni, und es werden in den nächsten 500 Jahren noch folgende Durchgänge eintreten:

1874 am	8.	December	2125 am	8.	December
1882 „	6.	„	2247 „	11.	Juni
2004 „	7.	Juni	2255 „	8.	„
2012 „	5.	„	2360 „	12.	December
2117 „	10.	December	2368 „	10.	„

Die Wichtigkeit der Venusdurchgänge für die Bestimmung der Sonnenparallaxe beruht bekanntlich darauf, dass wegen der bedeutenden Nähe des Planeten, seine Parallaxe und der Unterschied derselben mit der Sonnenparallaxe selbst, unter allen für uns am grössten erscheint und gleichzeitig, weil Venus als kleiner, schwarzer, scharfbegrenzter Kreis von mässiger Bewegung auf der Sonnenscheibe erscheint, die Sehne, die sie beschreibt, sehr scharf bestimmt werden kann. In der That leuchteten diese Vortheile auch sofort ein, als Halley 1691 die ganze Methode zum ersten Male in Vorschlag brachte. Der nächste Durchgang, am 5. Juni 1761, lieferte nur ein Resultat zwischen 8″ und 9″. Desto vortheilhafter für die Ermittlung der Parallaxe zeigte sich der letzte Durchgang am 3. Juni 1769. Fast alle gebildeten Nationen Europas sandten Beobachter an die am vortheilhaftesten gelegenen Orte der Erde, und man darf behaupten, dass kein damals lebender Astronom, ja kaum ein Gebildeter, der von der Wichtigkeit des eben statthabenden Vorganges wusste, nicht wenigstens den Blick aufwärts wandte, da Venus als schwarzer Punkt die Sonnenscheibe durchlief. Pingré und Hornsby fanden als Resultat der von ihnen benutzten Beobachtungen, eine Horizontalparallaxe der Sonne von 8,8″, Planmann fand 8,4″ und zwischen diesen beiden Werthen schwanken die übrigen Resultate. Das später von Encke berechnete mittlere Resultat ist oben mitgetheilt worden, ebenso wie die Thatsache, dass Alles darauf hindeutet, dass die wahre Sonnenparallaxe noch einige Zehntel Secunde grösser ist, als man bisher annahm. Unter diesen Umständen erwartet die ganze astronomische Welt mit Spannung die nächsten beiden Venusdurchgänge 1874 und 1882, besonders den letztern. Es ist gegründete Hoffnung vorhanden, dass diesmal die Sonnenparallaxe, so weit es von den vervollkommneten Beobachtungsmitteln abhängt, definitiv bis auf Hundertstel der Bogensecunde festgestellt werden wird, besonders wenn man von der vervollkommneten Photographie Gebrauch machen und die elektrischen Registrirapparate zur genauen Fixirung der Momente der Berührung der Planetenscheibe mit dem Sonnenrande anwenden wird.

Hind hat folgende Elemente der beiden nächsten Venuspassagen abgeleitet:

	Durchgang 1874		December 8.
Conjunction in Rectascension	16^h	59^m	$13{,}2^s$
Rectascension von Sonne und Venus . .	255°	52′	51,6″
Declination der Sonne	— 22	49	22,4
„ „ Venus	— 22	35	7,7
Stundenbewegung der Venus in *A R* .		—	93,95
„ „ „ „ *D* . . .		+	47,73
„ „ Sonne „ *A R* .		+	164,71
„ „ „ „ *D* . . .		—	14,80
Halbmesser der Venus			31,41
„ „ Sonne (nach Leverrier)		16	14,98
Horizontalparallaxe der Venus			32,44
„ „ Sonne (nach Encke)			8,71

Durchgang 1882 December 6.

Conjunction in Rectascension	4^h	20^m	$13{,}6^s$
Rectascension von Sonne und Venus. .	253°	10′	$47{,}6^s$
Declination der Sonne	—22	33	6,6
„ „ Venus	—22	44	12,6
Stundenbewegung der Venus in AR .		—	93,13
„ „ „ „ D . . .		+	49,30
„ „ Sonne „ AR .		+	163,93
„ „ „ „ D . . .		—	17,56
Halbmesser der Venus			31,40
„ „ Sonne (nach Leverrier)		16	14,64
Horizontalparallaxe der Venus			32,43
„ „ Sonne (nach Encke)			8,71

Aus diesen Elementen folgt für den Mittelpunkt der Erde:

Durchgang von 1874.

Eintritt	äussere Berührung	13^h	46^m	56^s	in 130,6° v. N. gegen W.
	innere Berührung	14	15	57	
Austritt	innere Berührung	17	57	5	
	äussere Berührung	18	26	5	in 160° v. N. gegen O.

Durchgang von 1882.

Eintritt	äussere Berührung	1^h	55^m	38^s	in 34,7° v. N. gegen W.
	innere Berührung	2	15	56	
Austritt	innere Berührung	7	52	57	
	äussere Berührung	8	12	47	in 66,1° v. N. gegen O.

Die Erde.

Der Planet, den wir bewohnen, ist unter den zwischen der Sonne und der Zone der Asteroiden kreisenden Wandelsternen der grösste in Volum und Masse und zugleich der einzige, nach unseren dermaligen Kenntnissen, der von einem Monde begleitet wird. Erst jenseits der äussersten Grenze jener Zone, in den Gebieten der grossen, wenig dichten und schnell rotirenden Planeten, treffen wir wieder Mondsysteme an.

Wir betrachten hier die Erde von vorzugsweise astronomischem Standpunkte aus, beschäftigen uns also mit ihrer Bahn, Gestalt, Grösse, mittleren Dichtigkeit und Masse, sowie mit ihrer lichtbrechenden und so wechselvoll diaphanen Gashülle. Der Astronom ist wenig um die horizontale und verticale Configuration der Oberfläche unseres Weltkörpers bekümmert, deren vergleichende Betrachtung dem Gebiete der Geographie anheimfällt. Nur wo die secundäre Attraction einzelner Massen sich in der Verrückung des Zeniths, der Abweichung der Lothlinie, bemerklich macht, wendet er diesen seine Aufmerksamkeit zu.

Die wahre siderische Umlaufszeit der Erde um die Sonne beträgt $365^d\ 6^h\ 9^m\ 10{,}7496^s$. Sie ist keinen säcularen Aenderungen unterworfen. Das tropische Jahr, die Zeit, welche die Sonne gebraucht um wieder zu dem nämlichen Aequinoctialpunkte zurückzukehren, ist in Folge der retrograden Bewegung der Aequinoctien, welche (1800) $50{,}''2419t + 0{,}0001122t^2$ beträgt, kürzer als das siderische Jahr und zwar gegenwärtig um $20^m\ 23{,}21^s$. Doch ist seine Länge Schwankungen unterworfen wegen der Säculargleichung der Aequinoctien. Es nimmt gegenwärtig jährlich um $0{,}00595^s$ ab und seine mittlere Länge beträgt $365^d\ 5^h\ 48^m\ 45^s$. Diese mittlere Länge stimmt mit der wahren überein im Jahre 2270 unserer Zeitrechnung.

Ueber die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne wurde schon im Vorhergehenden bei verschiedenen Gelegenheiten das Nöthige erwähnt, so dass hier nur wenig nachzuholen bleibt, und zwar betreff der Ermittlung des Erdabstandes aus Messungen der Lichtgeschwindigkeit in geringen irdischen Distanzen.

Nachdem schon Picard eine jährliche Bewegung des Polarsternes bemerkt hatte, und eine solche auch, wie in neuerer Zeit Peters in Altona gezeigt, Flamsteed's Beobachtungen deutlich ergaben, ohne dass dieser Astronom selbst darauf zurückkam, zeigte zuerst Bradley, auf Declinationsbeobachtungen gestützt, im Herbste 1727, dass alle Fixsterne jährliche Verrückungen zeigen, der Art, dass die im Pole der Ekliptik stehenden einen Kreis von etwa 40″ Durchmesser, die zwischen diesem

Punkte und der Ebene der Erdbahn befindlichen hingegen, Ellipsen von um so grösserer Abplattung beschreiben, je geringer ihre Breite ist, während Sterne in der Ekliptik selbst, alljährlich nur eine gerade Linie von der angegebenen Länge beschreiben. Aus Rectascensionsbeobachtungen wies Eustach. Manfredi dieselbe Erscheinung 1731 nach. Bradley erklärte das Phänom dadurch, dass der von einem Sterne ausgehende Lichtstrahl nicht die ruhende, sondern die bewegte Erde trifft und daher aus der Richtung herzukommen scheint, die sich aus der Zusammensetzung seiner wahren Bewegung und derjenigen der Erde ergibt. Aus Bradley's eigenen Beobachtungen folgt nach der Untersuchung von Busch die halbe grosse Axe der Aberrations-Ellipse oder die Constante der Aberration gleich 20,2116″; Lindenau fand 20,4486″, Delambre 20,255″, Peters erhielt aus Rectascensionsbeobachtungen 20,4255″ und 20,503″, Lundahl aus Declinationsbeobachtungen des Polarsternes 20,5508″, und Struve endlich aus anderthalbjährigen Beobachtungen von Zenithalsternen 20,4451″, ein Resultat, das den meisten Beifall gefunden, obgleich man ihm nicht mit Unrecht den Einwurf gemacht hat, es sei nicht frei von dem Einflusse der Verzögerung, den das Licht beim Durchgange durch das Objectiv des Fernrohres erleidet. Hansen und Olufsen ziehen mit Recht das Delambre'sche Resultat vor.

Weil die Aberration eine Function der Lichtgeschwindigkeit und der Bewegung der Erde ist, so folgt, dass diese letztere sich bei gegebener Aberrationsconstante und ebenfalls gegebener Lichtgeschwindigkeit ohne Mühe ableiten lässt.

Nachdem schon Galilei und die Mitglieder der Akademie del Cimento fruchtlose Versuche gemacht hatten, die Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung aus Beobachtungen in kleinen Distanzen zu bestimmen, bestellte Arago im Jahre 1848 bei Breguet einen Apparat nach dem Vorbilde des Wheatstone'schen (bei welchem, 1824, ein Drehspiegel zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität angewandt wurde), um die Lichtgeschwindigkeit bei geringen Abständen zu messen. Ein Augenleiden hinderte ihn, selbst die Ausführung der Beobachtungen zu übernehmen, welche auf diese Weise Fizeau zufiel. Dieser Physiker erhielt in den ersten Versuchen, bei denen das Licht auf dem Hin- und Rückwege 17266 Meter durchlief, eine Geschwindigkeit von 42576 geographischen Meilen in der Secunde. Sehr viel zuverlässigere Resultate hat neuerdings Foucault mit Hülfe eines ähnlichen, aber weit vorzüglicheren Apparates erhalten. Er gelangte zu Mittelwerthen, die bis auf $\frac{1}{500}$ übereinstimmen. Das Endresultat war eine Lichtgeschwindigkeit von 298 Millionen Meter oder 40159 geographischen Meilen. Berechnet man daraus die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, so erhält man hierfür unter Annahme der Struve'schen Aberrationsconstanten: 19,970,000, bei Annahme der Delambre'schen hingegen 19,825,000 geographische Meilen, und dieser letztere Werth kommt wahrscheinlich von beiden der Wirklichkeit am nächsten.

Die Excentricität der Erdbahn beträgt (1800) 0,01679207 mit einer Abnahme von $(0,0000004135 + 0,000000000123t)t$, sie wird bis zum Jahre 20000 abnehmen, wo sie ihren kleinsten Werth 0,00275 erreicht, von da ab aber wieder wachsen.

Die Ebene der Erdbahn neigt sich gegen jene des Aequators, oder die Schiefe der Ekliptik beträgt (1800): $23^0\ 27'\ 54{,}8''$ mit einer jährlichen Abnahme von $0'',47244t - 0'',0000014t^2$. Doch ist diese Abnahme keineswegs der Zeit proportional fortschreitend, vielmehr schwankt sie in ihrem mittleren Werthe innerhalb ziemlich beschränkter, aber gegenwärtig noch nicht genau numerisch festgestellter Grenzen. Nach Lagrange's früheren Rechnungen sind diese Grenzen $22^0\ 54'$ und $25^0\ 21'$. Lehmann findet als mittlere Schiefe der Ekliptik für die nächsten 30000 Jahre $23^0\ 17'\ 16{,}08''$ mit Schwankungen, die kaum 1^0 betragen.

Die Länge des Periheliums der Erdbahn beträgt (1800): $99^0\ 30'\ 21{,}77''$ mit einer tropischen Zunahme von $(61{,}674'' + 0'',0001850t)t$. Der Sonnennähepunkt fällt gegenwärtig auf den 2. Januar und rückt in 57,5 Jahren um einen Tag vorwärts, so dass nach etwa 10400 Jahren sich die Erde zur Sommerszeit in der Sonnennähe befinden wird. Doch werden die hierdurch entstehenden Temperaturänderungen der Jahreszeiten nur ungemein gering sein.

Der tägliche Umschwung der Erde um ihre Axe bildet die Einheit aller Zeitbestimmungen. Der Sonnentag, die Zeit, welche zwischen zwei gleichen Culminationen der Sonne verfliesst, ist wegen der Ellipticität der Erdbahn und der Schiefe der Ekliptik nicht gleichförmig. Wenn die Länge des mittleren Sonnentages $24^h\ 0^m\ 0^s$ beträgt, so hat der wahre Sonnentag gegen Ende December ein Maximum von $24^h\ 0^m\ 30^s$, gegen Mitte September ein Minimum von $23^h\ 59^m\ 30^s$. Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit ist die Zeitgleichung, deren Grösse dem beobachtenden Astronomen für jeden gegebenen Augenblick bekannt sein muss. Tycho war der Erste, der den von der Schiefe der Ekliptik herrührenden Theil der Zeitgleichung bei seinen Beobachtungen praktisch berücksichtigte, obgleich schon der grosse Beobachter Hipparch ebenfalls darauf aufmerksam geworden war. Kepler war der Erste, der den durch die elliptische Form der Erdbahn entstehenden Theil 1627 in den Rudolphinischen Tafeln in Anwendung brachte. Doch lieferte erst 45 Jahre später Flamsteed in seiner Abhandlung „über die Ungleichförmigkeit der Sonnentage“ exacte Methoden zur Berechnung der Zeitgleichung für jeden gegebenen Augenblick.

Die wahre Umdrehungsperiode der Erde, der Sternentag, beträgt in mittlerer Sonnenzeit gemessen $23^h\ 56^m\ 4{,}091^s$.

Laplace war der Erste, der aus der Bewegung des Mondes den Schluss zog, dass die wahre Länge des Sternentages sich innerhalb der letzten 2000 Jahre nicht um $0{,}01^s$ verlangsamt habe. Allein dieser lange Zeit hindurch als unumstösslich bewiesen betrachtete Schluss ist unrichtig, weil sich Laplace eines ungenauen Werthes für die säculare Accele-

ration der mittlern Mondbewegung bediente. Schon fast ein halbes Jahrhundert vor dem französischen Geometer, im Jahre 1754, behauptete Kant in einer kleinen Schrift (die als Beantwortung einer Preisfrage von der Berliner Akademie der Wissenschaften: ob die Axenlage der Erde im Laufe der Zeiten eine Aenderung erlitten habe, erschienen war), die Umdrehung der Erde verlangsame sich allmählich. Freilich konnten die Beweisgründe, welche Kant für seine Ansicht vorbrachte, neben denjenigen, die Laplace (ohne von den Behauptungen des deutschen Philosophen zu wissen) dagegen aufstellte, nicht in Betracht kommen; aber es bleibt immer sonderbar, dass der unsterbliche Verfasser der Mécanique céleste, der so mancherlei tellurische Kräfte nach ihrem möglichen Einflusse auf eine Aenderung der Rotationsdauer der Erde prüfte, gerade denjenigen Umstand ausser Acht liess, der die Umdrehungsdauer verlangsamen kann und in der That verlangsamt. Es ist das grosse Verdienst von J. B. Mayer (1838 in seinen Beiträgen zur Dynamik des Himmels), zuerst darauf hingewiesen zu haben, in welcher Weise durch die stets östlich vom Meridian des Mondes gelegene Fluthwelle eine allmähliche Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde eintreten müsse. Tyndall sagt in seinem Werke über die Wärme: „Stellen wir uns den Mond fest vor, während die Erde von West nach Ost um ihre Axe rotirt. Ein Berg westlich von dem im Meridiane befindlichen Monde wird in Folge der Anziehung des letztern eine Beschleunigung der Rotation verursachen; hat er den Meridian aber passirt, so bewirkt er aus den nämlichen Gründen eine Verlangsamung von derselben Ordnung. Ein immerfort östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg, wird in Folge der Mondeinwirkung die Erdrotation zu verlangsamen streben. Die Meeresfluth ist als ein solcher stets östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg zu betrachten; durch Einwirkung des Mondes auf dieselbe muss also die Umdrehung der Erde sich mit der Zeit verlangsamen.“ Auch D. Vaughan hat schon 1857 auf die Unzulässigkeit des Laplace'schen Beweises von der Unveränderlichkeit der Erdrotation aufmerksam gemacht, indem er darauf hinwies, dass es ein Widerspruch gegen den Satz von der Erhaltung der Kraft sei, wenn die Bewegung der Ebbe und Fluth nicht einen Einfluss auf die Verlängerung der Tagesdauer besässe.

Es ist hier nicht der Ort, auf die verschiedenen Werthe für die säculare Acceleration der mittleren Mondbewegung näher einzugehen, welche seit Dunthorne (der aus der Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen 10,0112″ fand) bis auf Hansen, Plana, Delaunay und Adams gefunden worden sind; es genügt hier, zu bemerken, dass nach den Untersuchungen des letztgenannten Astronomen, die Zunahme der mittleren Tagesdauer in den letzten 2000 Jahren 0,01197 Secunde beträgt.

Die Versuche, zur Erkenntniss der Grösse und Gestalt der Erde zu gelangen, sind fast eben so alt wie die Wissenschaft selbst. Der Vor-

stellungen der alten Philosophen von der Gestalt des Erdballes braucht indess hier nur vorübergehend gedacht zu werden. Wenn Anaximander unserm Planeten die Form eines Cylinders gab, Thales denselben für eine Scheibe hielt, und Leucippus sogar an eine paukenartige Gestalt dachte: so verdienen solche auf einseitige Speculation gegründete Vermuthungen kaum eine historische Erwähnung neben den richtigeren, durch Beobachtung unterstützten Ansichten eines Eratosthenes. Dieser vollführte gegen 200 v. Chr. den ersten Versuch einer directen Messung des Erdumfanges. Er hatte beobachtet, dass zu Syene die Sonne am Tage des Sommersolstitiums genau im Zenith stand, während sie zu Alexandrien um die nämliche Zeit $7^1/_2{}^0$ vom Scheitelpunkte entfernt blieb. Die Distanz beider Städte zu 5000 Stadien angenommen, folgerte Eratosthenes aus den angegebenen Daten einen Erdumfang von 250,000 Stadien.

Hundert Jahre später unternahm Posidonius eine ähnliche Bestimmung zwischen Rhodus und Alexandrien. Er fand durch Fixsterne den Bogen zwischen beiden Städten $= {}^1/_{48}$ des Kreises und berechnete hieraus unter Annahme einer geradlinigten Distanz beider Orte von 3800 Stadien die Grösse des Erdumfanges zu 182400 Stadien, ein Resultat, welches mit dem frühern Eratosthenes'schen verglichen, am besten die Mangelhaftigkeit des ganzen Unternehmens zeigt.

Diese beiden Versuche sind Alles, was das Alterthum in der genannten Beziehung geleistet hat. Erst im neunten Jahrhundert nach Chr. finden wir einen neuen Versuch, diesmal von den Arabern unternommen, zwischen Tadmor und Racca.

Der Kalif Al-Mamum liess durch Chalibden Abdolmalik und Ali-ben-Isa in der Richtung von Nord nach Süden einen Bogen von 2 Graden mit Stäben sorgfältig abmessen. Man fand die Länge eines Grades ziemlich übereinstimmend gleich 225300 arabische Ellen à 27 Zoll à 6 Gerstenkörner.

Der Franzose Fernel maass im Jahre 1525 die Länge des Bogens zwischen Paris und Amiens durch die Anzahl der Umdrehungen seiner Wagenräder und fand als Länge eines Grades 57070 Toisen. Die geringe Genauigkeit der auf diese Weise zu erlangenden Resultate leuchtet ein; 110 Jahre später zeigt sich aber schon ein Fortschritt bei der Messung, die Norwood zwischen London und York ausführte. Dieser maass die Entfernung beider Städte mittels der Messkette und bestimmte ebenfalls ihre geographischen Breiten mit vieler Sorgfalt. Als Länge eines Grades fand er 57424 Toisen. Allein es wäre schwer gewesen, auf diesem Wege die ganze wünschenswerthe Genauigkeit zu erlangen, wenn nicht das bisherige Messungsprincip verlassen und durch die von Snellius eingeführte Methode der Triangulation wäre ersetzt worden, deren grosse Vorzüge schon bald Picard durch seine 1669 zwischen Malvoisine und Amiens ausgeführte Gradmessung, allen Einwürfen gegenüber, unwiderleglich zeigte. Er fand die Länge eines Grades zu 57060 Toisen, ein Resultat, das der Wahrheit nahe kommt, aber hauptsächlich dadurch, dass es den

Newton'schen Arbeiten über die Gravitation als Grundlage diente, für alle kommenden Zeiten merkwürdig bleibt. Snellius selbst fand aus einem Bogen von 1° 11′ 30″, nach Musschenbroek, die Länge eines Breitegrades zu 57033 Toisen.

Newton schloss, der Erste, aus seinen Untersuchungen, dass die Erde an den Polen abgeplattet sei, ein Schluss, der sich nachmals bewährt hat.

Zur Prüfung der Newton'schen Behauptung begannen durch Colbert's Vermittlung 1683 Cassini und de la Hire eine Gradmessung, die, durch verschiedene Umstände verzögert, erst 1718 beendet wurde. Sie erstreckte sich in einer Ausdehnung von mehr als 8 Graden mitten durch Frankreich und das Resultat war: Länge eines Grades im Süden zwischen 42° 37′ 13″ und 48° 50′ 11″ nördl. Br. = 57097 Toisen, im Norden zwischen 48° 50′ 11″ und 51° 2′ 8″ nördl. Br. 56960, ein Ergebniss, das mit Newton's Behauptung in directem Widerspruche stand. Denn es folgte daraus, dass die Erde nach Norden zu mehr gekrümmt sei als in den Aequatoreal-Gegenden, also eine eiförmige oder elliptische Gestalt besitzen müsse. Der langwierige Streit, der sich zwischen Englands und Frankreichs Gelehrten entspann, führte zu dem Plane einer neuen, grossartigen Meridianvermessung, die gleichzeitig in Lappland und am Aequator ausgeführt werden sollte. Also gingen Bouguer, La Condamine, Godin und der Spanier Ulloa 1735 nach Peru und maassen auf den öden Hochebenen der Cordilleren zwischen Tarqui und Cotechesqui einen Bogen von 3° 7′. Camus, Clairaut, Lemonier, Maupertuis und Outhier aber gingen im folgenden Jahre nach Tornea, dort ebenfalls einen Grad des Meridians zu messen.

Das Resultat der Arbeiten beider Expeditionen nach den damaligen Berechnungen war:

Länge eines Grades unter dem Aequator: 56753 Toisen
„ „ „ „ „ Polarkreise: 57437 „

Die Abplattung der Erde war hierdurch ausser Zweifel gestellt.

Durch jene beiden Expeditionen hauptsächlich angeregt, begannen von jetzt ab auch Gradmessungen in vielen anderen Staaten.

Es kann hier natürlich nicht beabsichtigt werden, eine detaillirte Schilderung der langen Reihe einzelner Breitegrad-Messungen zu geben; es muss statt dessen genügen, auf die Resultate derselben zu verweisen, wie sie, nach Professor Rogg's Zusammenstellung, die folgende Tafel enthält. Es bezeichnen dort in der Colonne A: a, b die Polhöhen des Anfangs- und Endpunktes, c, d die Bogenlänge und Polhöhe der Mitte; ferner in Colonne B: a′, b′ die wahre, gemessene und die aus Bessel's Sphäroid folgende Bogenlänge in Toisen, c′ die Differenz dieser beiden Werthe und d′ die Differenz pro Breitengrad; l ist die lineare Länge des mittlern Grades.

Tafel der Breitengrad-Messungen.

α) Aeltere Messungen.

Benennung	Polhöhe der Mitte	Bogenlänge	Länge des mittlern Grades	Beobachter
Cap d. gut. Hoffnung	33° 18′ 30″ s.	1° 13′ 17″,5	57037 Toisen	Lacaille
Pennsylvanien . . .	39 12 0 n.	1 28 45,0	56888 „	Mason u. Dixon
Rom	42 59 0 n.	2 9 47,0	56964 „	Boscowich
Frankreich	46 52 2 n.	8 20 0,0	57059 „	Cassini
Dänemark	55 32 15 n.	1 10 15,0	57155 „	Th. Bugge
Lappland	66 19 37 n.	0 57 49,3	57422 „	Maupertuis

β) Neuere Messungen.

Endpunkte:	A	B	Bemerkungen.
Cotchesqui	a 0° 2′ 31″,4 n.	a′ 176875,5 Toisen	Peruanische Messung:
Tarqui	b 3 4 32,0 s.	b′ 176855,5 „	Bouguer, La Condamine,
—	c 3 7 3,4	c′ + 20,0 „	Godin, Ulloa
l = 56728,5 Toisen	d 1 31 0,3	d′ + 6,4 „	(1735 bis 1744).
Kaliana	a 29 30 48,5 n.	a′ 1212866,6 Toisen	Gr. Ostindische Messung:
Punnae	b 8 9 31,2	b′ 1212766,8 „	Lambton u. Everest
—	c 21 21 17,3	c′ + 99,8 „	(1802 bis 1843).
l = 56795,9 Toisen	d 18 50 9,9	d′ + 4,7 „	
Cap d. gut. Hoffnung	a 34 21 6,3 s.	a′ 262467,6 Toisen	Messung am Cap:
—	b 29 44 17,7	b′ 262451,6 „	Maclear
l = 56891,2 Toisen	c 4 36 48,6	c′ + 16,0 „	(1842 bis 1852).
	d 32 2 42,0	d′ + 3,5 „	
Dünkirchen	a 51 2 8,8 n.	a′ 705257,2 Toisen	Französische Messung:
Formentera	b 38 39 56,1	b′ 705237,6 „	Mechain, Delambre,
—	c 12 22 12,7	c′ + 19,6 „	Biot, Arago
l = 57012,7 Toisen	d 44 51 2,5	d′ + 1,6 „	(1792 bis 1806).
Altona	a 53 32 45,2 n.	a′ 115163,7 Toisen	Hannoversche Messung:
Göttingen	b 51 31 47,8	b′ 115084,4 „	Gauss
—	c 2 0 57,4	c′ + 79,3 „	(1821 bis 1824).
l = 57126,4 Toisen	d 52 32 16,5	d′ + 39,3 „	
Lyssabbel	a 54 54 10,3 n.	a′ 87436,5 Toisen	Holsteinsche Messung:
Lauenburg	b 53 22 17,0	b′ 87450,7 „	Schumacher
—	c 1 31 53,3	c′ − 14,2 „	(1820 bis 1823).
l = 57093,1 Toisen	d 54 8 13,7	d′ − 9,3 „	

Tafel der Breitengrad-Messungen.
(Fortsetzung.)

Endpunkte	A	B	Bemerkungen
Memel	a 55° 43′ 40″,4 n.	a′ 86177,0 Toisen	Preussische Messung:
Trunz	b 54 13 11,4	b′ 86124.9 „	Bessel, Baeyer
—	c 1 30 29,0	c′ + 52,1 „	(1831 — 1834).
l = 57144,3 Toisen	d 54 58 25,9	d′ + 34,5 „	
Saxavord	a 60 49 38,6 n.	a′ 624622,6 Toisen	Englisch-schottische
St. Agnes	b 49 53 33,9	b′ 624514,1 „	Messung:
—	c 10 56 4,7	c′ + 108,5 „	Mudge, Kater, James
l = 57123,3 Toisen	d 55 21 36,3	d′ + 9,9 „	(1802 — 1854).
Fuglenaes	a 70 40 11,3 n.	a′ 1447786,8 Toisen	Russisch-scandinavische Messung:
Staronekrasow . . .	b 45 20 2,8	b′ 1447536,5 „	Struve, Tenner, Solander,
—	c 25 20 8,5	c′ + 250,3 „	Hansteen, Berger
l = 57144,2 Toisen	d 58 0 7,1	d′ + 9,9 „	(1816 — 1851).
Pahtawara	a 67 8 49,8 n.	a′ 92778,0 Toisen	Neue schwedische Messung:
Malörn	b 65 31 30,2	b′ 92796,4 „	Swanberg, Ovferboom
—	c 1 37 19,6	c′ — 18,4 „	(1801 — 1803).
l = 57195,9 Toisen	d 66 20 10,0	d′ — 11,3 „	

Messungen von Längengraden sind bis heran weniger häufig und mit geringerm Glücke ausgeführt worden; hauptsächlich, weil die von den Astronomen angewandten Mittel, geographische Breitenunterschiede zu bestimmen, weit zuverlässiger sind, als die Methoden zur Ermittlung von Längendifferenzen.

Aus diesem Grunde sei auch der ältesten Arbeit dieser Art, welche Jacob Cassini zwischen Brest und Strassburg ausgeführt, nur in historischem Interesse gedacht. Wichtiger sind die späteren Arbeiten von Caraboeuf und Brousseaud. Diese Längengradmessung erstreckt sich von Marennes bei Bordeaux bis Fiume und umfasst einen Bogen von 15° 32′ 26,77″, dessen Gesammtlänge 621165 Toisen beträgt. Hieraus ergibt sich als Länge eines Parallelgrades unter der mittlern Breite von 44° 16′ 48″, ein Werth von 39970 Toisen, der freilich mit dem Bessel'schen Erdsphäroid nicht sonderlich harmonirt.

Die Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte, worauf es bei Parallelgradmessungen hauptsächlich ankommt, wird gewonnen: entweder durch Beobachtung von Sternbedeckungen, oder durch Zeitübertragung

mit Hülfe von Chronometern. Auch durch irdische Signale, Anzünden kleiner Pulvermengen, versuchte man früher die Längenunterschiede festzustellen, ohne indess hinreichende Genauigkeit erlangen zu können. Erst der elektrische Telegraph hat Mittel an die Hand gegeben, solche zu erlangen. Schon 1857 stützte Struve hierauf den Plan einer Längengradmessung quer durch ganz Europa, vom Ural bis zur Westküste Irlands. Baeyer arbeitete gleichzeitig an dem Zustandekommen einer neuen Breitengradmessung, welche von Palermo bis zum nördlichen Scandinavien ganz Europa senkrecht zur Richtung der Struve'schen Längengradmessung durchschneiden soll. Das ganze grosse Unternehmen der Gradmessung, ist gegenwärtig im besten Fortgange begriffen. Als Zwischenstationen für die Längengradbestimmung wurden gewählt: Orsk, Orenburg, Szamara, Szaratow, Lipetzk, Orel, Babrnisk, Grodno, Warschau, Breslau, Leipzig, Bonn, Ostende, Greenwich, Valencia. Um aus den Längenunterschieden die geringen Unsicherheiten in den Positionen der Vergleichsterne, sowie die persönlichen Fehler zu eliminiren, ist die Einrichtung getroffen, dass (unter Zuhülfenahme einer Zwischenstation) derselbe Beobachter an den verschiedenen Punkten mit demselben Instrumente dieselben Sterne beobachtet. Die Breitengradmessung schreitet in den einzelnen Ländern Europas nach den Berichten des General Baeyer ebenfalls erfreulich vorwärts und man darf sich in nicht zu ferner Zukunft von den soeben erwähnten Unternehmungen wichtige Resultate versprechen.

Bis jetzt beruhen unsere Kenntnisse der Erddimensionen zum Theil noch auf den ausgezeichneten Untersuchungen Bessel's, nach den Resultaten der bis 1840 vorliegenden und als zuverlässig anerkannten 10 Gradmessungen, welche zusammen einen Bogen von 50° 34′ umfassen.

Die Dimensionen des Bessel'schen Erdsphäroids, sind in Einheiten der Toise du Pérou bei 13° R.:

Radius des Aequators	3272077,1399
„ „ Poles	3261139,3284
Abplattung	$\frac{1}{299,152818}$

Eine neue Berechnung der Erddimensionen unter Voraussetzung eines dreiaxigen Ellipsoids, gestützt auf den französischen, englischen, indischen, russischen, afrikanischen und peruanischen Bogen, gab Clarke folgende Resultate:

Halbe grosse Axe a des Aequators (15° 34′ O. L.):	3272537,3	Toisen
„ kleine „ b „ „ (105° 34′ O. L.):	3271540,1	„
„ polare „ c	3261133,8	„

$$\text{Abplattung } \frac{a-c}{c} : \frac{1}{285,97}.$$

Die nachstehende Tafel, welche die wahre Länge der Breiten- und Längengrade, sowie den Radiusvector für jede Polhöhe enthält, bezieht

6*

sich auf das Bessel'sche Erdsphäroid. Die verbesserte Breite ist die wahre geocentrische Polhöhe, zum Unterschiede von der scheinbaren oder elliptischen, wie sie die Beobachtung unmittelbar ergiebt:

Breite	Länge des Meridiangrades in Toisen			Länge des Parallelgrades in Toisen			Radius-vector	Verbesserte Breite		
+ −		Δ	Δ Δ		Δ	Δ Δ			Δ	Δ Δ
0°	56727,384	+ 4,314	+ 8,628	57108,520	− 215,874	− 431,748	1,000000	0° 0′ 0″	4° 58′ 0,5″	0,0″
5	56731,698	12,811	8,497	56892,646	646,074	430,200	0,999975	4 58 0,5	4 58 4,0	3,5
10	56744,509	20,931	8,120	56246,572	1071,642	425,568	0,999899	9 56 4,5	4 58 11,2	7,2
15	56765,440	28,428	7,497	55174,930	1489,514	417,872	0,999778	14 54 15,7	4 58 21,6	10,4
20	56793,868	35,080	6,652	53685,416	1896,642	407,128	0,999612	19 52 37,3	4 58 34,8	13,2
25	56828,948	40,686	5,606	51788,774	2290,030	393,388	0,999407	24 51 12,1	4 58 50,8	16,0
30	56869,634	45,074	4,388	49498,744	2667,463	376,713	0,999170	29 50 2,9	4 59 8,8	18,0
35	56914,708	48,105	3,031	44832,001	3023,891	357,148	0,998907	34 49 11,7	4 59 28,5	19,7
40	56962,813	49,685	1,580	43808,110	3358,740	334,849	0,998626	39 48 40,2	4 59 49,3	20,8
45	57012,498	49,759	+ 0,074	40449,372	3668,624	309,884	0,998336	44 48 29,5	5 0 10,0	20,7
50	57062,257	48,319	− 1,440	36780,748	3951,049	282,425	0,998045	49 48 39,5	5 0 30,8	20,8
55	57110,576	45,397	2,922	32829,699	4203,701	252,652	0,997763	54 49 10,3	5 0 50,6	19,8
60	57155,973	41,085	4,312	28625,998	4424,465	220,764	0,997499	59 50 0,9	5 1 8,9	18,3
65	57197,058	35,504	5,581	24201,533	4611,457	186,992	0,997259	64 51 9,8	5 1 25,1	16,2
70	57232,562	28,827	6,677	19590,076	4763,066	161,609	0,997052	69 52 34,9	5 1 38,8	13,5
75	57261,389	21,256	7,571	14827,010	4877,967	114,901	0,996881	74 54 13,7	5 1 49,3	10,5
80	57282,645	13,025	8,231	9949,043	4955,142	77,175	0,996759	79 56 3,0	5 1 56,7	7,4
85	57295,668	+ 4,388	8,637	4993,901	− 4993,901	38,759	0,996683	84 57 59,7	5 2 0,3	3,6
90	57300,056		− 8,776	0000,000		− 0,000	0,996657	90 0 0,0		0,0

Die Oberfläche des Bessel'schen Erdsphäroids beträgt 9261238 Quadratmeilen, der Rauminhalt 2650184445 Cubikmeilen und der Durchmesser einer Kugel, die mit dem Erdsphäroid gleiche Oberfläche und gleichen Inhalt hat: 1716,96 Meilen à 3807,235 Toisen.

Da von der Gestalt der Erde die Grösse ihrer anziehenden Kraft für alle Punkte der Oberfläche abhängt, so ist klar, dass man aus der Intensität der Schwerkraft, die durch die Länge des einfachen Secundenpendels gegeben ist, auf die Form der Erde schliessen kann.

Die erste Vermuthung über die mit der Breite veränderliche Schwere, welche durch das Pendel nachgewiesen werden könne, findet sich bei Picard in der 1671 erschienenen Mesure de la Terre. Der berühmte Geodät bemerkte, dass nach einigen in London, Lyon und Bologna angestellten Beobachtungen, die Länge des Secundenpendels verkürzt werden müsse je näher man dem Aequator komme, doch könne er etwas Gewisses hierüber noch nicht sagen, da er von der Genauigkeit der Messungen nicht genug überzeugt sei, weil im Haag die Pendellänge ebenso gross wie in Paris gefunden worden sei. Im October des nämlichen Jahres, in welchem Picard's Werk erschien, verliess Richer Paris, um seine Reise nach Cayenne anzutreten. Es ist kaum einem Zweifel unterworfen, dass beide Astronomen die angebliche Verschiedenheit der Pendellänge je nach der geographischen Breite, erörterten, und so hat Picard jedenfalls einen bedeutenden Einfluss auf Richer's wichtige Beobachtungen gehabt, obgleich er sich niemals einen Antheil hieran zugeschrieben hat. Richer kehrte schon 1773 nach Europa zurück, aber seine Resultate über die Länge des Secundenpendels, wurden erst 1779 veröffentlicht, zu einer Zeit, als die Abplattung der Erde bei Newton schon eine feststehende Thatsache war.

Sowohl Richer's Bestimmungen, als die unmittelbar folgenden von Varin und die späteren von Bouguer, Legentil, Lacaille, Maupertuis, La Croyere, Campbell, Darquier, Liesganig, Mallet u. A., haben übrigens keineswegs jene grosse Genauigkeit, welche nachher Borda und vor Allen Bessel ihren Beobachtungen zu geben wussten. Jene bieten daher nur ein vorwiegend historisches Interesse und die Untersuchungen über die Gestalt der Erde nach Pendelbeobachtungen, können sich nur auf die neueren Arbeiten dieser Art stützen. Diese beginnen mit den Bestimmungen gelegentlich der französischen Gradmessung und wurden später von Biot bis zur Insel Unst ausgedehnt. Ihre Berechnung ergab aus dem Bogen zwischen Formentera und Dünkirchen, nach Mathieu eine mittlere Abplattung von $\frac{1}{298.2}$, zwischen Formentera und Unst, nach Biot $\frac{1}{304}$. Diesen Arbeiten folgten die Pendelversuche des Kapitain Kater gelegentlich der trigonometrischen Aufnahmen in Grossbritannien. Die Anomalien, die sich hierbei ergaben, führten zu der glänzenden Expedition Sabine's (1822 bis 1823), auf welcher an 13 Punkten zwischen Bahia (12° 59′ 21″ südl. Br.) und Spitzbergen (79° 49′ 58″ nördl. Br.) die Pendellängen mit musterhafter Sorgfalt bestimmt wurden. Das Resultat war nach Sabine's Rechnung eine Abplattung von $\frac{1}{288.3}$ und unter Hinzu-

ziehung der Pendelbeobachtungen bei den französischen und englischen Vermessungen $\frac{1}{288{,}9}$. Dieses Resultat kommt dem Verhältniss der Centrifugalkraft zur Schwere unter dem Aequator so nahe, dass man dieses, d. h. eine Abplattung von $\frac{1}{289}$ als die wahrscheinlichste ansehen darf, um so mehr, als sich auch die Ergebnisse der neuesten Triangulationen diesem Werthe auffallend nähern. Ich habe unter dieser Voraussetzung die nachstehende Tafel der relativen Erddimensionen berechnet.

Breite ±	Meridian-Grad	Δ	Parallel-Grad	Δ		Radius-vector	Δ		Verbesserte Breite	Δ	
0	0,017332		0,017453			1,000000			0° 0′ 0″		″
		1		10			4			1°59′ 10,30″	
2	0,017333		0,017443		22	0,999996		9	1 59 10,30		0,24
		0		32			13			1 59 10,54	
4	0,017333		0,017411		21	0,999983		8	3 58 20,84		0,48
		1		53			21			1 59 11,02	
6	0,017334		0,017358		21	0,999962		8	5 57 31,86		0,70
		2		74			29			1 59 11,72	
8	0,017336		0,017284		20	0,999933		8	7 56 43,58		0,97
		2		94			37			1 59 12,69	
10	0,017338		0,017190		22	0,999896		7	9 55 56,27		1,16
		2		116			44			1 59 13,85	
12	0,017340		0,017074		20	0,999852		7	11 55 10,12		1,41
		3		136			53			1 59 15,26	
14	0,017343		0,016938		20	0,999799		7	13 54 25,38		1,61
		3		156			60			1 59 16,87	
16	0,017346		0,016782		20	0,999739		7	15 53 42,25		1,82
		4		176			67			1 59 18,69	
18	0,017350		0,016606		22	0,999672		7	17 53 0,94		2,03
		4		198			74			1 59 20,72	
20	0,017354		0,016408		20	0,999598		6	19 52 21,66		2,24
		4		218			80			1 59 22,93	
22	0,017358		0,016190		18	0,999518		6	21 51 44,59		2,41
		4		236			86			1 59 25,34	
24	0,017362		0,015954		20	0,999432		6	23 51 9,93		2,55
		5		256			92			1 59 27,89	
26	0,017367		0,015698		20	0,999340		6	25 50 37,82		2,72
		5		276			98			1 59 30,61	
28	0,017372		0,015422		18	0,999242		6	27 50 8,43		2,87
		5		294			102			1 59 33,48	
30	0,017377		0,015128		18	0,999140		4	29 49 41,91		3,06
		6		312			106			1 59 36,54	
32	0,017383		0,014816		19	0,999034		4	31 49 18,45		3,13
		6		331			110			1 59 39,59	
34	0,017389		0,014485		17	0,998924		3	33 48 57,96		3,20
		6		348			113			1 59 42,79	
36	0,017395		0,014137		18	0,998811		3	35 48 40,77		3,31
		6		366			115			1 59 46,10	
38	0,017401		0,013771		16	0,998696		2	37 48 26,87		3,38
		6		382			118			1 59 49,48	
40	0,017407		0,013389		17	0,998578		2	39 48 16,35		3,41
		7		399			120			1 59 52,89	
42	0,017414		0,012990		15	0,998458		0	41 48 9,24		3,46
		6		414			120			1 59 56,35	
44	0,017420		0,012576		16	0,998338		0	43 48 5,59		3,48
		6		430			121			1 59 59,83	
46	0,017426		0,012146		15	0,998217		1	45 48 5,42		3,48
		7		445			121			2 0 3,31	
48	0,017433		0,011701		14	0,998096		1	47 48 8,73		3,47
		6		459			119			2 0 6,78	
50	0,017439		0,011242		14	0,997977		1	49 48 15,51		3,45
		6		473			119			2 0 10,23	
52	0,017445		0,010769		14	0,997858		1	51 48 25,74		3,37
		6		487			116			2 0 13,60	
54	0,017451		0,010282		12	0,997742		2	53 48 39,34		3,34
		6		499			114			2 0 16,94	
56	0,017457		0,009783		12	0,997628		3	55 48 56,28		3,23
		6		511			111			2 0 20,17	
58	0,017463		0,009272		12	0,997517		4	57 49 16,45		3,17
		6		523			106			2 0 23,34	
60	0,017469		0,008749		10	0,997411		4	59 49 39,79		3,02

Breite ±	Meridian-Grad	Δ	Parallel-Grad	Δ		Radius-vector	Δ		Verbesserte Breite	Δ	
60	0,017469		0,008749		10	0,997411			59° 49′ 39,79″		
		5		533			103			2° 0′ 26,36″	
62	0,017474		0,008216		9	0,997308		4	61 50 6,15		2,93
		5		544			99			2 0 29,29	
64	0,017479		0,007672		9	0,997209		6	63 50 35,44		2,74
		5		553			93			2 0 32,03	
66	0,017484		0,007119		8	0,997116		6	65 51 7,47		2,64
		4		561			87			2 0 34,67	
68	0,017488		0.006558		9	0,997029		6	67 51 42,14		2,43
		4		570			81			2 0 37,10	
70	0,017492		0,005988		8	0,996948		6	69 52 19,24		2,26
		4		578			75			2 0 39,36	
72	0,017496		0,005410		6	0.996873		7	71 52 58,60		2,08
		4		584			68			2 0 41,44	
74	0,017500		0,004826		6	0,996805		7	73 53 40,04		1,87
		3		590			61			2 0 43,31	
76	0,017503		0,004236		5	0,996744		8	75 54 23,35		1,64
		3		595			53			2 0 44,95	
78	0,017506		0,003641		5	0,996691		7	77 55 8,30		1,44
		2		600			46			2 0 46,39	
80	0,017508		0,003041		4	0,996645		9	79 55 54,69		1,21
		2		604			37			2 0 47,60	
82	0,017510		0,002437		2	0,996608		7	81 56 42,29		0,97
		2		606			30			2 0 48,57	
84	0,017512		0,001831		3	0,996578		9	83 57 30,86		0,73
		1		609			21			2 0 49,30	
86	0,017513		0,001222		2	0,996557		8	85 58 20,16		0,50
		0		611			13			2 0 49 80	
88	0,017513		0 000611		0	0,996544		9	87 59 9,96		0,24
		1		611			4			2 0 50,04	
90	0,017514		0,000000			0,996540			89 59 60,00		

Unter Voraussetzung einer Abplattung von $^1/_{289}$, finde ich aus sämmtlichen oben mitgetheilten Gradmessungen als wahrscheinlichsten Werth des aequatorealen Erdradius:

3272766,1 Einheiten der Toise du Pérou bei + 13° R.

Mittels dieses Werthes lassen sich die relativen Dimensionen in der vorstehenden Tafel leicht in lineare verwandlen. Die Werthe für die verbesserte Breite in der vorletzten Kolonne, sind durchgängig bis auf ein halbes Zehntel Secunde genau.

Die Gestalt der Erde übt, wie die analytische Mechanik näher zeigt, einen gewissen Einfluss auf die Mondbewegung aus, der sich durch eine Störung in des Mondes Länge und Breite den verfeinerten Beobachtungen bemerkbar macht. Die aus den Mondgleichungen folgende mittlere Abplattung ist von Laplace zuletzt auf $^1/_{299,1}$ festgesetzt worden, ein Werth, der nur wenig von der wahren Abplattung abweicht. Von Lindenau hatte aus 800 Nutationsbeobachtungen das abweichende Resultat $\frac{1}{315{\cdot}82}$ erhalten.

Neben diesen empirischen Resultaten, mag hier beiläufig an die theoretischen Untersuchungen Newton's erinnert werden, der unter Annahme einer ursprünglich flüssigen, in allen concentrischen Schichten gleich dichten Erde, als Abplattung $\frac{1}{230}$ fand, während der scharfsinnige Huygens, als er alle Anziehung im Mittelpunkte der Erde vereinigt annahm, zu einer Ellipticität von $\frac{1}{578}$ gelangte, genau die Hälfte von derjenigen, die thatsächlich statt hat.

Der Plutonismus hat aus der Erdabplattung bekanntlich die Deduction abgeleitet, dass unser ganzer Planet voreinst feurigflüssig war und die sphäroidale Gestalt in Folge der Rotation annahm. Der ursprünglich geschmolzene Zustand der Erde schien aber neuerdings durch die fortgeschrittene chemische Geologie der Art fraglich geworden, dass die Erdabplattung nicht wohl mehr als Beweismoment angesehen werden konnte. Es tauchte unter diesen Verhältnissen sehr natürlich die Frage auf: Wodurch hat denn die Erde ihre sphäroidale Gestalt erhalten, wenn man dieselbe nicht als uranfänglich gelten lassen will? Friedrich Mohr wagte sich im Jahre 1865 mit Scharfsinn und Kühnheit an die Lösung dieses wichtigen und schwierigen Problems. „Wenn die Erde eine Axendrehung hat,“ sagt dieser gelehrte Chemiker und Geologe, „so muss das Meer als vollkommen beweglich, eine dieser entsprechende abgeplattete Gestalt annehmen. Ueber der Oberfläche beginnt die Verwitterung und höher hinauf die Gletscherbildung; dagegen findet unter der Oberfläche des Meeres keine Verwitterung und Vergletscherung, wohl aber Detritus- und Kalkablagerung statt, die beide vom Festlande kommen. Die Abnagung der Gebirge im Kleinen und im Grossen, beginnt mit ihrer Entblössung und hört erst wieder auf, wenn sie dem Meere gleichgemacht sind. Je höher hinauf ein Gebirge reicht, desto gewaltsamer ist die Abtragung durch Gletschereis, welches nicht nur den Detritus, sondern ganze Gebirgsgipfel hinabführt. Die Granitfindlinge von Holland bis Finnland, lassen vermuthen, wie viel höher die Granite Norwegens sein würden, wenn sie nicht durch Gletscherbildung diese Massen verloren hätten. Da die Gletscherbildung je nach dem Klima immer weiter hinabsteigt und in Grönland, Jan Meyen, Spitzbergen das Meer erreicht, so ist einleuchtend, dass die Wirkung derselben die Erde mit der Gestalt des Meeres in Einklang bringen muss. Wäre die feste Erde eine vollkommene Kugel, so würde doch das Meer, als beweglich, die Abplattung an den Polen annehmen. Das Land an den Polen würde drei Meilen aus dem Wasser hervorragen, und nicht eher Ruhe bekommen, bis Gletscher es rasirt hätten. Das Ende müsste immer die Gestalt des Rotationssphäroids sein, welche der Axendrehung entspricht. Demnach muss die (meerbedeckte) Erde auch ohne feuerflüssig gewesen zu sein, zuletzt in die abgeplattete Form kommen. Die dauernde Wirkung der Atmosphäre vollzieht die Erhaltung der abgeplatteten Form genauer und sicherer, als die einmalige Gestaltung bei der Bildung sie verschaffen konnte.“ Ganz unlängst hat Gustav Bischof die Frage wieder aufgegriffen. Auch er stimmt mit Mohr vollkommen darin überein, dass die abgeplattete Gestalt der Erde ihre Beweiskraft für die Behauptung eines vormaligen feuerflüssigen Zustandes verloren hat. „Nichts steht der Vermuthung entgegen,“ sagt der berühmte Verfasser der ‚chemischen Geologie‘, „dass der Meeresboden, die ehemalige Erdoberfläche, kugelrund war; Huygens' und Newton's Hypothese eines ursprünglich flüssigen Zustandes der Erde, woraus diese grossen Naturforscher die Abplattung in Folge der Rotation zu erklären gesucht haben,

und die hierüber geführten Discussionen, ob es ein feurig- oder ein wässerig-flüssiger Zustand war, werden überflüssig.“ Bischof's Untersuchungsmethode gründet sich hauptsächlich auf die gemessenen Meerestiefen unter verschiedenen Breiten. Man hat solchen Messungen freilich nicht mit Unrecht vorgeworfen, dass sie mindestens insofern ungenaue Resultate geben, als durchgängig die Messungsleine nicht genau lothrecht hinabreicht, sondern in Folge submariner Strömungen und der Bewegung des Schiffes, eine gewisse Neigung gegen die Verticale annimmt. Doch hat diese Quelle der Ungenauigkeit auf die nachfolgenden Resultate nur geringen Einfluss, um so mehr, als sie bei sämmtlichen Messungen wohl nicht bedeutend von einer mittleren Grösse abweicht.

Den Radius des Aequators nimmt Bischof nach Bessel zu 859,438 geographischen Meilen an, den Polarradius zu 856,465 Meilen, die Abplattung $\frac{1}{289,1}$. Hiernach berechnet sich leicht die Grösse des Erdhalbmessers für jede gegebene geographische Breite. Bischof hat diejenigen Tiefenmessungen, welche nach seiner Ansicht Zutrauen verdienen, zusammengestellt, ebenso die denselben Punkten entsprechenden Erdhalbmesser. Die nachstehende Tafel enthält die Resultate seiner Berechnungen; r' ist die Länge des Erdhalbmessers an der betreffenden Stelle, m die Meerestiefe, c der Abstand des Meeresbodens vom Erdmittelpunkte. Die Längen sind von Greenwich ab gezählt.

Geogr. Breite	Geogr. Länge	r'	m	c	Beobachter
36° 49' südl.	37° 6' westl.	858,367	1,891	856,476	Denham
50 30 nördl.	10 bis	857,655	0,589	857,066	Field und Berryman
50 30 „	50 westl.	857,655	0,595	857,060	—
52 10 südl.	139 16 östl.	857,577	0,355	857,222	
56 nördl.	10 — 50 westl.	857,389	0,499	856,890	
63 47 südl.	149 14 „	857,041	0,419	856,622	
71 23 nördl.	8 44 „	856,760	0,073	856,687	C. Vogt, Berna
77 45 südl.	178 55 östl.	856,597	0,101	856,496	
78 53 nördl.	5 36 „	856,572	0,164	856,408	Scoresby
in der Nähe der vorhergehenden Stelle		856,572	0,147	856,425	

Aus diesen Resultaten ergibt sich, dass die allgemeine Form des Meeresbodens keineswegs diejenige einer um $^1/_{289}$ abgeplatteten Kugel ist. Wäre dies der Fall, so müssten die äussersten Werthe in der Columne c um 1,8 Meilen differiren, was nicht statt hat. Vielmehr würden die vorliegenden Messungen, wenn man mit Rücksicht auf das Zutrauen welches sie verdienen, daraus die Dimensionen des festen Erdkörpers ableitet, auf einen Aequatorealhalbmesser von 857,9 und einen Polar-

radius von 856,4 Meilen, also auf eine Abplattung von $\frac{1}{584}$ führen. Und bei dieser Rechnung ist selbst nicht einmal die Denham'sche Messung zugezogen worden, um das einer Abplattung möglichst günstige Resultat zu erlangen. Zieht man aber diese Messung mit hinzu, so resultirt als wahrscheinlichste Gestalt, ein nördlich wie südlich vom Aequator unter etwa 45 Grad der Breite wulstartig angeschwollener Rotationskörper. Hiermit würde auch die durch Ringgold im indischen Ocean gemessene Tiefe von 39700 Pariser Fuss gut harmoniren. Die Messungen sind noch zu wenig zahlreich, um hier mehr als Vermuthungen wagen zu können; nur so viel bleibt sicher, dass eine Abplattung hinsichtlich des Meeresbodens fehlt. Das der Legung des atlantischen Kabels vorausgehende Nivellement des submarinen Bodens zwischen Irland und Neufoundland hat ergeben, dass hier keineswegs, wie man früher vermuthete, steile Abstürze vorhanden sind; in einer Erstreckung von 335 deutschen Meilen sind die Unebenheiten des Seebodens verschwindend gering. Der atlantische Ocean ist mit der weitaus grössten Menge von Detritus angefüllt; aus den Sondirungen, deren Resultate mitgetheilt wurden, lässt sich mit Recht schliessen, dass derselbe ein allenthalben nahe gleichhohes Lager bildet, welches sich in 40° westl. Länge von Greenwich, kaum muldenförmig austieft. Es ist unzweifelhaft, dass die Flüsse und die Brandungen dem Meeresboden Material zu den sedimentären Bildungen der Jetztzeit liefern. Wo viele Flüsse in das Meer einmünden und ausgedehnte Küsten von ihm bespült werden, da werden ihm eine Menge von Suspensionen zugeführt. Bischof macht darauf aufmerksam, dass athmende Seethiere nur in den Tiefen existiren können, bis wohin ihnen noch durch die Strömungen Wasser zugeführt wird, das vor nicht gar langer Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung war. Da man nun derartige Thiere aus Tiefen von mehr als 10000 Fuss heraufgebracht hat, so ist der Beweis geliefert, dass sich bis an den Grund des Oceans Strömungen verbreiten. Nun ist die Bewegung des Wassers in Flüssen die Ursache der Erosion, sie muss es daher in unvergleichlich bedeutenderm Maasse auch im Meere sein. Wie sehr der Druck die Erosion fördert, zeigen die trüben Flüsse, die aus den Eismassen der Gletscher kommen. Im atlantischen Ocean ist die Gegenwart von Geschieben bewiesen, fast gerade gleichweit entfernt von der europäischen und amerikanischen Küste. Es ist höchst wahrscheinlich, dass sie durch Polarströmungen und Eisberge an ihren gegenwärtigen Ort gebracht wurden. Ob diese Fortführung noch andauert oder ob sie ihr Ende erreicht hat, wird Gegenstand weiterer Forschungen sein müssen. Man kann an den Flüssen studiren, was in den Meerestiefen ungesehen in grossartigstem Maasse vor sich geht: die Bildung von Sandbänken und Untiefen, die Zu- und Abfuhr von Detritus. Wenn sich der Meeresboden, vor allem da, wo entgegengesetzt gerichtete Strömungen auf einander treffen, durch Absatz suspendirter Massen erhöht hat, so nimmt diese Erhöhung so lange zu, bis das submarine Gebirge die Wasseroberfläche erreicht hat. So weit gelangt, kann es zwar an Umfang noch ge-

winnen, an Höhe aber nur durch hebende Kräfte, deren Ursache in chemischen Processen zu suchen ist. Während aber durch säculare Hebung sich die Continente bildeten, führen Erosion und Verwitterung dem Meere wieder zu, was aus ihm aufgestiegen ist. Wo aber die gehobene Masse einerseits sich in das Meer hinabzieht, anderseits aber bis zu den höchsten Höhen ansteigt, da weicht ihre Form gänzlich ab von der des sphäroidalen Meeresspiegels. Der Abstand der Spitze des höchsten bekannten Berges vom tiefsten bis jetzt gemessenen Punkte am Meeresboden, beträgt 3,056 geographische Meilen, 0,083 Meilen mehr als die Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Halbmesser der Erde. „Jener Abstand," sagt Bischof, „ist das Werk der Erosion des Meeresbodens und der Hebung. Nur diese beiden Kräfte, nicht die Centrifugalkraft, haben daher die Gestalt des festen Erdkernes verändert." Inzwischen lässt sich der Annahme Bischof's der wichtige Einwurf entgegenhalten, dass sie keineswegs die regelmässige Lagerung der tieferen Erdschichten bis zum Mittelpunkt hin, die, wie schon Laplace annahm, unzweifelhaft existirt, erklärt. Wäre die Erde eine runde Kugel mit willkührlicher Massenvertheilung im Innern, so würde sich dies an der Oberfläche durch sehr bedeutende Abweichungen des freihängenden Loths verrathen müssen. Man weiss aber, dass da, wo solche existiren, dieselben so gering sind, dass man, die Erde als Kugel betrachtet, ihre Anziehung wie allein vom Centrum ausgehend ansehen kann. Eine solche Thatsache deutet aber auf einen ursprünglich liquiden Zustand und ist im höchsten Grade unwahrscheinlich, wenn die Erde ein zufälliges Aggregat heterogener Massen wäre, dessen Oberfläche kugelförmig gestaltet ist.

Beiläufig bemerkt, geben Schubert und Airy neben ihrer Polarabplattung der Erde noch eine besondere Abweichung von der Kugelgestalt. Hiernach ist der Aequator keineswegs ein vollkommener Kreis. Wenn man vom Erdcentrum einen Radius zu dem Punkte führt, wo der Aequator die östliche Küste Afrikas schneidet, so ist diese Linie 700 oder 800 Meter länger als der Erdradius vom Mittelpunkte zum Aequator an der Mündung des Amazonenstromes.

Während das Pendel zur Bestimmung der Abplattung des alten Erdballes weit über Meer und Land gegen den Nord- und Südpol hin getragen wurde, um den störenden Einfluss der ungleichen Dichte der Erdschichten, der secundären Anziehungscentra, zu eliminiren, so musste es anderseits dazu dienen, indem man es absichtlich unter dem Einflusse einer nach Grösse und mittlerer Dichte wohl bestimmten Bergerhebung schwingen liess, die mittlere Dichte und das Gewicht des Erdballes selbst zu bestimmen.

Ist die Pendellänge unter der geographischen Breite des Beobachtungsortes im Meeresniveau bekannt, so ergibt die Rechnung dieselbe für die Spitze des Berges, auf der beobachtet wird. Aus dem Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung schliesst man auf die Anziehung der Bergmasse und aus dieser auf die mittlere Dichte der Erde selbst.

Solche schwierig auszuführenden Beobachtungen sind bis jetzt kaum vereinzelt angestellt worden. Es braucht hier allein an Carlini's Arbeiten auf dem Mont Cenis erinnert zu werden, aus denen nach den letzten Correctionen die mittlere Dichte der Erde zu 4,950 folgt, wenn jene des Wassers gleich 1 gesetzt wird.

Einfacher und schon bald nach Newton's Untersuchungen über diesen Gegenstand (1728), praktisch, wenn auch noch unvollkommen angewandt, sind die Beobachtungen der Ablenkung des ruhenden Pendels von der Verticalen, in Folge der Anziehung einer seitwärts befindlichen Bergmasse. Bouguer bestimmte gelegentlich der peruanischen Gradmessung die Ablenkung, welche das Loth an der südsüdwestlichen und westsüdwestlichen Seite des Chimborasso erleidet. Die Ablenkung ergab sich zu nur 7,5″, doch ist dies Resultat jedenfalls ungenau, wie auch Bouguer selbst zugibt, theils wegen der Mangelhaftigkeit der benutzten Instrumente, theils wegen der Schwierigkeit der Beobachtung an und für sich in jenen wilden Regionen, nahe der Grenze des ewigen Schnee's.

Die genaueren Beobachtungen von Maskelyne und Hutton im Jahre 1774 am Berge Shehallien in Porthshire, zeigten eine Gesammtablenkung des Loths zu beiden Seiten des Berges von 11,7.″ Nach Playfair's Untersuchungen folgt hieraus eine mittlere Dichte der Erde von 4,7.

Die unlängst angestellten Beobachtungen der Lothablenkung zu Arthur's Seat, ergeben nach James, eine mittlere Erddichte von 5,136.

Die ganze Methode unterliegt indess mehrfachen Bedenken, von denen hier nur daran erinnert werden möge, dass gar wohl Schichten von ungleicher Dichte unterhalb des Bodens vorhanden sein können, deren Einfluss nicht in Rechnung zu bringen ist.

Von solchen störenden Einwirkungen unabhängig, sind die Versuche mit der von John Mitchell erfundenen Drehwaage, bei welchen die durch künstlich angebrachte grosse Massen hervorgerufenen, horizontalen Pendelschwingungen dazu dienen, das specifische Gewicht der Erde zu bestimmen.

Cavendish fand, der Erste auf diesem Wege, die mittlere Erddichte gleich 5,48 oder nach Baily's Rechnung 5,448. Reich in Freiberg erhielt 1838 dafür 5,440. Die zahlreichen und feinen Versuche Baily's im Jahre 1842, lieferten den nicht unbedeutend grössern Werth 5,660 und Reich's neuere Beobachtungen in den Jahren 1847 bis 1850 geben 5,577.

Die schönen und so umsichtigen Versuche, welche Airy 1854 in den Gruben von Harton (54° 48′ n. Br.) angestellt, geben nach Stocke's Rechnungen mit Rücksicht auf die Abplattung und Rotation, eine mittlere Erddichte von 6,565 $\pm$ 0,182.

Die atmosphärische Umhüllung unseres Planeten besteht aus einem Gemenge verschiedener Gase, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, sowie

vereinzelt Wasserstoff-, Kohlenwasserstoff- und Schwefelwasserstoffgas, wozu noch, mit Basen verbunden, an einigen Punkten Chlorwasserstoffsäure und der für das Gedeihen der Vegetation so wichtige Ammoniak hinzukommen. Der Gehalt an Wasserdampf wird durch die Wärme geregelt.

Die ohne Vergleich vorwiegenden Stoffe sind Sauerstoff und Stickstoff. Nach Dumas' und Boussingault's eudiometrischen Untersuchungen (1841), stehen beide Gase im volumetrischen Verhältnisse von 20,8 zu 79,2 zu einander. Die Beobachter glauben, dass der Sauerstoffgehalt kleinen Schwankungen unterworfen ist und Lewy hat dies in der Nordsee und auf Guadaloupe bestätigt gefunden. Auch der Gehalt an Kohlensäure ist veränderlich und nach A. und H. Schlagintweit's Untersuchungen in den Alpen, wahrscheinlich mit der Höhe zunehmend bis etwa 3400 Meter Erhebung. Nach Saussüre's älteren Beobachtungen wechselt der Kohlensäuregehalt in vierundzwanzigstündiger Periode und ist auf freiem Felde bei Nacht grösser als am Tage. C. Frankland hat neuerdings die Zusammensetzung der Luft in drei verschiedenen Höhen am Montblanc nach den genauesten eudiometrischen Methoden bestimmt und folgende Resultate erhalten.

1) Luft bei Chamouny, gesammelt in 3000 Fuss Höhe am 23. August bei klarem Himmel und Nordwind:

				Mittel
Sauerstoff	20,892	20,870	—	20,881
Stickstoff	79,045	79,067	—	79,056
Kohlensäure . .	—	—	0,063	0,063

2) Luftprobe auf den Grands Mulets in 11000 Fuss Höhe, gesammelt am 20. August, bei Nordwind und Hagelfall, übrigens aber ziemlich klarem Himmel:

Sauerstoff	20,793	20,765	—	20,779
Stickstoff	78,988	79,124	—	79,110
Kohlensäure . .	—	—	0,111	0,111

3) Luft von der Spitze des Montblanc, 15723 Fuss Höhe, am 21. August gesammelt, bei Nordwind und schönem Wetter, doch war die Atmosphäre von durch den Wind aufgewirbelten Schneetheilchen erfüllt:

Sauerstoff	20,950	20,951	—	20,950
Stickstoff	78,989	78,988	—	78,989
Kohlensäure . .	—	—	0,061	0,061

Der Sauerstoffgehalt scheint hiernach in bedeutenden Höhen sich grösser herauszustellen, als in der Tiefe des Luftmeeres. Die der Atmosphäre durch schnelle und langsame Verbrennung, Verwesung und Respiration entzogene Sauerstoffmenge, ist zwar an und für sich nicht unbedeutend, allein nach Poggendorff's Berechnung genügt $^1/_{1000}$ der Atmosphäre, um das ganze Menschengeschlecht 10000 Jahre lang mit Sauerstoff zu versorgen.

Die genaue Ermittelung der chemischen Zusammensetzung unserer

Lufthülle, besonders in grösseren Höhen, ist für den Astronomen keineswegs ohne Bedeutung, vor allem da, wo es sich um Erklärung der geheimnissvollen Phänomene des Erglühens und Verbrennens von ausserirdischen Massen handelt, die als Feuerkugeln donnernd und tosend in unseren Dunstkreis niedersteigen.

Wir betrachten nunmehr die Atmosphäre nach ihren physikalischen Eigenthümlichkeiten, unter welchen für die Astronomie als wichtigste, die durch Druck und Temperatur bedingte Dichte, sowie die davon abhängige strahlenbrechende Kraft sind.

Nach den genauen Bestimmungen von Regnault, ist das Verhältniss zwischen der Dichtigkeit der Luft (bei $0,76^m$ Barometerstand und 0^0 Wärme) und der des Quecksilbers für das Meeresniveau unter 45^0 Breite gleich 1 : 10516,8. Aus früheren Untersuchungen von Biot und Arago folgte dieses Verhältniss 1 : 10476,7.

Die Masse der Luft beträgt 0,00000081998 der Erdmasse.

Die Atmosphäre besitzt eine sphäroidale Gestalt wie unser Planet selbst, jedoch mit einer bedeutenderen Abplattung als dieser, wie theoretisch unzweifelhaft ist. Die wirkliche Bestimmung dieser Abplattung aus Beobachtungen, unterliegt grossen Schwierigkeiten, doch kann sie, wie Laplace gezeigt, keinesfalls $^1/_3$ überschreiten.

Die Schwierigkeit der Bestimmung dieses Abplattungscoefficienten, resultirt aus der Unkenntniss, in welcher wir über die wahre Höhe unserer Atmosphäre sind und wahrscheinlich für immer bleiben werden. Diese Höhe liesse sich leicht berechnen, wenn das Gesetz der Wärmeabnahme mit zunehmender Erhebung bekannt wäre; allein da dies nicht der Fall ist, so bleibt das aus E. Schmidt's consequenter Untersuchung gezogene Resultat von 7,7 Meilen Höhe für den Aequator und 5,8 Meilen über den Polen, unsicher. Versuche, die Höhe der Atmosphäre aus den Dämmerungserscheinungen abzuleiten, welche bis Alhazen zurückgehen, müssen der Natur der Sache nach, ein zu kleines Resultat liefern.

Kepler erhielt auf diesem Wege als Höhe 10 geographische Meilen, und viel später Delambre fast den gleichen Werth, nämlich 9,5 Meilen.

Behrmann fand aus einer Reihe von Beobachtungen zwischen 18^0 n. Br. und 18^0 s. Br. als Depressionswinkel des Sonnenmittelpunktes $15,61^0 \pm 0,25^0$, also für die Höhe der Atmosphäre 8,13 geogr. Meilen.

Die genauesten Untersuchungen in dieser Beziehung aber hat J. Schmidt in Athen angestellt. Es wurde hierbei, um die verschiedenen Dämmerungsstufen scharf aufzufassen, das Hervortreten von Sternen der sechs ersten Grössenclassen in der Umgebung des Zeniths beobachtet. Aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen ergab sich (für Athener Breite und Horizont) die Dauer der astronomischen Dämmerung und der Depressionswinkel der Sonne unter dem Horizonte für den ersten Tag jedes Monats, wie in der beistehenden Tabelle folgt. Die daraus resultirende Höhe der Atmosphäre ist hinzugefügt.

Zeit	Dauer der Dämmerung	Depression der Sonne	Höhe der Atmosphäre
Januar	92,5 Minuten	17,4 Grad	10,00 Meilen
Februar . . .	82,8 „	16,1 „	8,54 „
März	77,5 „	15,4 „	7,80 „
April	79,0 „	15,8 „	8,22 „
Mai	86,7 „	15,5 „	7,92 „
Juni	96,0 „	15,3 „	7,70 „
Juli	99,2 „	15,3 „	7,70 „
August	90,7 „	15,7 „	8,12 „
September . .	81,5 „	16,2 „	8,64 „
October . . .	79,7 „	16,7 „	9,20 „
November . .	86,2 „	17,2 „	9,76 „
December . .	93,0 „	17,7 „	10,34 „

Der Mittelwerth aus diesen Resultaten für die Depression der Sonne zur Zeit der Beendigung der Dämmerung (für Athen) ist 15,92 $\pm$ 0,46 Grad, und hiernach die mittlere Höhe der Atmosphäre, d. h. desjenigen Theiles, der noch dicht genug ist, das Sonnenlicht zu reflectiren, gleich 8,66 Meilen. Man muss wohl beachten, dass dies nur ein unterer Werth sein kann; viele Feuermeteore, welche in Höhen von 20 bis 40 Meilen explodiren, zeigen, dass auch dort noch Luft vorhanden sein muss. Nach Liais existirt selbst nach der Dämmerung noch polarisirtes Licht als Folge reflectirter Sonnenstrahlen, so dass sich eine Höhe der Lufthülle von 40 bis 60 Meilen ergeben würde. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die äusserste Grenze der Atmosphäre da zu suchen ist, wo Centrifugal- und Anziehungskraft der Erde sich das Gleichgewicht halten, in einer Entfernung von 5,66 Erdradien von der Oberfläche. Doch ist die Dichte dieser höchsten Schichten jedenfalls so gering, dass der „luftleere“ Raum, der durch Anwendung unserer besten Luftpumpen erhalten wird, dagegen ungemein dicht erscheint.

Weil die Atmosphäre, wie jedes Gas, den hindurchgehenden Lichtstrahl von der geraden Linie ablenkt, so ist, da alle Beobachtung nur in der Tiefe des Luftmeeres angestellt werden kann, die Bestimmung der Strahlenbrechung oder Refraction, welche im Zenith Null und am Horizonte ein Maximum ist, von grösster Wichtigkeit.

Cleomedes war der Erste, der durch die Bemerkung, dass der verfinsterte Mond gleichzeitig mit der Sonne über dem Horizonte war gesehen worden, das Vorhandensein einer Ablenkung des Lichtstrahles von der geraden Linie deutlich aussprach. Allein erst Tycho berücksichtigte die Refraction einigermaassen bei seinen Beobachtungen, wenngleich er

noch der irrigen Ansicht war, als sei dieselbe schon in 45 Grad Höhe gleich Null, während Kepler mit Recht behauptete, sie verschwinde erst im Zenith.

Dominicus Cassini entwarf zuerst eine empirisch bestimmte Tafel der Winkelwerthe der Refraction je nach der Zenithdistanz, doch war dieselbe, wie vorauszusehen, noch ungemein mangelhaft. Johann Cassini verbesserte diese Tabellen und Newton berechnete um dieselbe Zeit eine neue Tafel; allein ein wirklicher Fortschritt wurde erst begründet, als Picard und besonders Lemonnier im Jahre 1738 den Einfluss der Lufttemperatur auf die Ablenkung des Strahles nachwiesen. Jetzt entwarf der fleissige Tobias Mayer eine neue Refractionstafel, die von Lacaille verbessert wurde, und welche unabhängig von der 1763 durch Mascelyne publicirten Bradley'schen Refractionstafel, häufige Anwendung fand. Aber erst Laplace löste das schwierige Problem in einer Weise, die den gesteigerten Anforderungen der modernen Beobachtungskunst entsprach. Die Näherungsformel des französischen Geometers gilt jedoch nur bis zu 80 Grad Zenithdistanz. Die beiden hier vorkommenden, nur aus Beobachtungen abzuleitenden Constanten sind: das Verhältniss der Luftdichte zu jener des Quecksilbers, das schon oben angegeben wurde, und das Brechungsvermögen der Luft. Für letzteres fand früher Delambre aus den Beobachtungen Piazzi's, 0,000588094 und neuerdings Caillet aus den Versuchen von Biot und Arago (1806) unter Benutzung der jetzt allgemein angenommenen Werthe der Ausdehnungscoefficienten der Luft (0,003665) und des Quecksilbers (0,00018018), den etwas abweichenden Werth 0,0005878267. Die Entwicklung der mathematischen Relationen gehört nicht in den Plan dieses Werkes, wohl aber die Zusammenstellung der wahrscheinlichsten numerischen Coefficienten, die nur aus Beobachtungen bestimmbar sind.

Ueber 80 Grad Zenithdistanz hinaus, sind die physikalischen Grundlagen der Laplace'schen Refractionsformel nicht mehr ganz zulässig, sobald die Fehlergrenze derart enge bleiben soll, wie dies die heutige Beobachtungskunst verlangt. Dann ist auch die Refraction in der Nähe des Horizonts selbst bei einer und derselben Zenithdistanz, in Folge von meteorologischen Veränderungen, die für uns wenig Gesetzmässiges zeigen, so veränderlich, dass eine allgemeine Formel höchstens nur einen mittlern Zustand berücksichtigen kann, von dem aber der wahre nicht selten bedeutend abweicht. Die Laplace'sche Formel für Zenithdistanzen über 80 Grad gilt überdies nur für einen ganz speciellen Luftzustand, für einen Beobachter im Meeresniveau bei 0 Grad Temperatur und $0{,}76^m$ Barometerdruck und eine Horizontalrefraction von 35′ 6″. Die mathematischen Entwicklungen umschliessen bei Laplace ein Glied, das von der Temperaturabnahme mit wachsender Höhe abhängt, und in Bildung dieser Function ist es, wo Laplace und Ivory von einander abweichen.

Bessel ging bei seinen Arbeiten über die Refraction davon aus, eine empirische Formel abzuleiten, welche sich den Beobachtungen am besten

anschliesst; doch konnten auch hierbei hypothetische Annahmen (über die Abhängigkeit des Druckes von der Höhe) nicht umgangen werden und folgte Bessel darin im Allgemeinen Laplace. Die Bessel'sche Atmosphäre stimmt im Allgemeinen mit der Wirklichkeit weit genauer als die von Laplace und Ivory, und auch ein Irrthum Bessel's, auf den später Biot aufmerksam gemacht, ist praktisch von geringer Bedeutung, indem sich nach Berücksichtigung desselben, die Horizontalrefraction zu 36′ 7,4″ ergibt, während aus der ursprünglichen Formel 36′ 6,9″ folgt. Biot ist übrigens der Ansicht, dass die Laplace'sche Formel für die Refractionen zwischen 0 und 80 Grad Zenithdistanz die sichersten Resultate gebe, besonders wenn man dabei den verbesserten Werth für die vom Brechungsvermögen der Luft abhängige Constante einführe. Bessel's Formel verdiene deshalb weniger Zutrauen, weil der Königsberger Astronom einen ungenauen Werth der eben bezeichneten Constante angenommen habe, um auch grössere Zenithdistanzen als 80 Grad mitzunehmen, während hier doch eine genaue Bestimmung der Refraction immer unthunlich bleibe.

Eine Folge der Refraction und Dispersion der Luft, welch' letztere Bouguer 1748 zuerst beobachtete, sind die farbigen Ränder, welche die Himmelskörper in der Nähe des Horizonts zeigen, sowie die Spectra, zu welchen in grossen Fernrohren die Fixsterne bei bedeutenden Zenithdistanzen ausgedehnt sich darstellen, eine Erscheinung, die man mit Unrecht mit dem Phänomen der Scintillation zusammengestellt hat.

Neben der Ablenkung von der geraden Linie, erleidet der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Atmosphäre auch eine Schwächung seiner Intensität, die mit der Zenithdistanz veränderlich ist. Schon Lambert stellte in seiner „Photometrie" Untersuchungen über die Extinction des Lichtes in der Atmosphäre an, und Laplace hat dieselben weiter fortgeführt unter der Annahme, dass der Lichtverlust eines Strahles in jedem Element der Atmosphäre proportional sei seiner Intensität, der Dichtigkeit des Elements und der Länge des durch dasselbe zurückgelegten Weges. Es handelte sich hierbei um Ermittlung einer Constanten zur Bestimmung des wahren Lichtverlustes im Zenith sowohl als des relativen bei verschiedenen Höhen im Vergleich zu demjenigen im Scheitelpunkte.

L. Seidel hat die Laplace'schen Entwicklungen durch Bestimmung der Constanten aus seinen photometrischen Beobachtungen praktisch verfolgt, nachdem er vorher, aus den nämlichen Beobachtungen, empirisch die Extinction für alle Zenithdistanzen abgeleitet hatte. Es ergab sich, dass für sehr kleine und sehr grosse Zenithdistanzen, die empirisch berechnete Absorption geringer als die theoretische ist. Bis 80 Grad Zenithabstand sind die Unterschiede noch ziemlich gering, aber bei 89 Grad gibt die Rechnung eine 4,55 mal grössere Absorption als die Beobachtung.

Als Verhältniss der Helligkeit eines im Zenith stehenden Sternes zu derjenigen, die er ohne Dazwischentreten der Atmosphäre zeigen würde, ergab sich (reducirt auf einen Barometerstand von $0{,}76^{\mathrm{m}}$) 0,7942, so dass

Zenith-distanz	Helligkeit des Lichtes	Zenith-distanz	Helligkeit des Lichtes	Zenith-distanz	Helligkeit des Lichtes
0°	1,0000	36°	0,9705	72°	0,6053
1	1,0000	37	0,9683	73	0,5848
2	1,0000	38	9,9660	74	0,5636
3	1,0000	39	0,9638	75	0,5395
4	1,0000	40	0,9616	76	0,5152
5	1,0000	41	0,9572	77	0,4909
6	1,0000	42	0,9528	78	0,4645
7	1,0000	43	0,9484	79	0,4375
8	1,0000	44	0,9419	80	0,4093
9	1,0000	45	0,9376	81	0,3733
10	1,0000	46	0,9311	82	0,3281
11	1,0000	47	0,9247	83	0,2825
12	1,0000	48	0,9162	84	0,2421
13	1,0000	49	0,9099	85	0,2070
14	0,9975	50	0,9016	86	0,1816
15	0,9975	51	0,8933	86 10′	0,1683
16	0,9975	52	0,8851	86 20	0,1556
17	0,9975	53	0,8770	86 30	0,1429
18	0,9954	54	0,8670	86 40	0,1306
19	0,9931	55	0,8570	86 50	0,1186
20	0,9931	56	0,8472	87 0	0,1077
21	0,9931	57	0,8375	87 10	0,0979
22	0,9931	58	0,8260	87 20	0,0887
23	0,9908	59	0,8128	87 30	0,0805
24	0,9908	60	0,7998	87 40	0,0729
25	0,9885	61	0,7870	87 50	0,0661
26	0,9885	62	0,7727	88 0	0,0598
27	0,9863	63	0,7567	88 10	0,0540
28	0,9863	64	0,7413	88 20	0,0485
29	0,9840	65	0,7244	88 30	0,0435
30	0,9840	66	0,7080	88 40	0,0388
31	0,9817	67	0,6918	88 50	0,0345
32	0,9795	68	0,6761	89 0	0,0308
33	0,9772	69	0,6607	89 10	0,0275
34	0,9750	70	0,6442	89 20	0,0239
35	0,9727	71	0,6252	89 30	0,0218

also ein Strahl bei senkrechtem Durchgange durch die Atmosphäre $^1/_5$ seines Lichtes verliert. Diese Bestimmung weicht nicht sehr viel von derjenigen Bouguer's ab, der dafür 0,8123 fand, während früher Lambert, freilich nach einer nicht exacten Methode, zu der jedenfalls unrichtigen Bestimmung 0,59 kam.

Seidel's empirische Extinctionstafel für die verschiedenen Zenithdistanzen findet sich auf der vorhergehenden Seite.

Nach dieser Tafel ist in 89° 30′ wahrer Zenithdistanz, die Helligkeit eines Sternes oder der Sonne, nur etwa $^1/_{46}$ von derjenigen im Scheitelpunkte. Die Extinction wächst in der That gegen den Horizont so rasch, dass Seidel den Untergang von Sternen erster Grösse nicht mehr beobachten konnte, da sie viel früher verschwanden. Aus diesen Gründen ist es auch erklärlich, weshalb man die Sonne in der Nähe des Horizonts mit blossem Auge betrachten kann; sie übertrifft dann kaum 15000 mal den Vollmond an Helligkeit. Bouguer gab, nach mangelhaften Methoden, die Absorption in der Nähe des Horizonts viel bedeutender an; ihm zufolge, wäre die Sonne bei 90 Grad Zenithalabstand mehr als 800 mal lichtschwächer wie im Zenith selbst.

Die Bestimmung der wechselvollen Färbung der Lufthülle, die mehr oder minder blau erscheint je nach dem Wassergehalte und nach der Höhe des betrachteten Punktes über dem Horizonte, gehört in die Meteorologie; dagegen kann hier noch der Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes gedacht werden, die nach R. Smith den Abschnitt einer Kugelfläche bildet, und deren Höhe sich zum Radius der Grundfläche wie 3 zu 10, oder nach Drobisch wie 11 zu 37 verhält.

Der Mond der Erde.

Der Mond, der Satellit der Erde, bleibt dieser unter allen Weltkörpern dauernd am nächsten und ist uns deshalb seiner physischen Individualität nach, am besten bekannt.

Schon Aristarch versuchte die Entfernung des Mondes von der Erde zu bestimmen und Posidonius erhielt dafür, nach einer nicht genauer bekannten Methode, 2 Millionen Stadien, was, wenn Buchotte's Bestimmung der Länge des griechischen Stadiums nicht auf einem Kreisschlusse beruht, 50 000 geographischen Meilen entspricht. Nach Hipparch würde die Mondentfernung 62 bis 72,5 Erdradien betragen, ein Resultat, das ebenso wie jenes später von Ptolemäus erhaltene, zu gross ist.

In den Alphonsinischen Tafeln wird die Horizontalparallaxe des Mondes zu 58′ angesetzt, der eine wahre Entfernung von 51000 Meilen entspricht. Tycho setzte die Parallaxe gleich 61′, was auf 48,400 Meilen Entfernung führt.

Halley nahm die Mondparallaxe der Wahrheit bemerkenswerth nahe zu 57′ 18″ an, Dominicus Cassini zu 58′ 22″, Newton hielt sich in seinen bewundernswürdigen Arbeiten an den Werth von 57′ 30″, Tobias Mayer legte seinen Mondtafeln den Werth von 57′ 44″ zum Grunde, während Lalande dafür 57′ 36″ annahm. Laplace endlich, leitete aus den Beobachtungen von Mason, Bürg und Burckhardt, eine Aequatorial-Horizontalparallaxe des Mondes von 57′ 34,2″ ab. Die neueste und zuverlässigste Bestimmung dieser Grösse durch Breen, ergab 57′ 2,7″, und ihr entspricht eine mittlere Entfernung von 51 800 geographischen Meilen.

Die Excentricität der Mondbahn beträgt 0,0549081, sonach ist die kleinste und grösste Distanz vom Erdmittelpunkte resp. 48 950 und 54 650 Meilen. Steht dagegen der Mond in seiner grössten Erdnähe, so kann in Folge der Perturbationen, sich die kürzeste Distanz zwischen der Erd- und Mondoberfläche, auf weniger als 47 000 Meilen vermindern.

Die Länge des Perigäums beträgt (1800,0 0^h m. Z. v. Gr.) 225° 23′ 53,1″ und dasselbe umläuft von Ost nach West im Mittel in 8,8508 Jahren einmal den ganzen Himmel, so dass es in 100 Julianischen Jahren eine mittlere tropische Bewegung von 4069,057 Grad besitzt.

Die Länge des aufsteigenden Mondknotens ist 33° 16′ 31,2″ und die Knoten haben in 100 Julianischen Jahren eine retrograde tropische Bewe-

gung von 1934,150 Grad, so dass sie in 18,5997 Jahren einmal den ganzen Himmel umwandern.

Die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik beträgt 5° 8′ 40″ und schwankt periodisch zwischen den Werthen 5° 0′ und 5° 18′; die mittlere Neigung aber bleibt ungeachtet der Bewegung der Ekliptik constant. Die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist 1° 28′ 25″ und unveränderlich.

Die wahre siderische Umlaufszeit des Mondes beträgt $27^d\ 7^h\ 43^m\ 11{,}5^s$ oder 27,3216609 Tage.

Die tropische Umlaufszeit ist $27^d\ 7^h\ 43^m\ 4{,}7^s$, die synodische $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2{,}9^s$, letztere hatte schon Ptolemäus nur $0{,}4^s$ grösser bestimmt. Sonach beträgt die mittlere tägliche tropische Bewegung des Mondes 13° 10′ 35,0286″.

Als nothwendige Folge der veränderlichen Excentricität der Erdbahn ist die Umlaufszeit des Mondes kleinen Schwankungen unterworfen, die Perioden von vielen Jahrtausenden umfassen. Nach Laplace war zur Zeit der Babylonier die siderische Umlaufszeit des Mondes 0,56 Secunden länger als gegenwärtig. In Folge dieser sich verkürzenden Umlaufszeit, nimmt die mittlere Bewegung des Mondes zu. Halley war der Erste, der die Acceleration der mittleren Mondbewegung durch Vergleichung der ältesten mit den neueren Beobachtungen bemerkte, und Dunthorn bestimmte den säcularen Werth derselben zu 10,0112″. Tobias Mayer nahm anfänglich in seinen Mondtafeln 6,998″ an, später 9,0072″. Lalande kam durch eine sorgfältige Discussion wieder nahe zu dem Dunthorn'schen Resultate, und Laplace erhielt den noch grössern Werth von 10,72″.

Nach Hansen's neuesten Bestimmungen, beträgt die säculare Variation der mittlern Mondlänge 12,18″, und dieser Werth, aber auch kein anderer, genügt vollkommen, die Finsternisse des Alterthums und des Mittelalters darzustellen. Dagegen fanden Adams und Delaunay aus ihren analytischen Entwicklungen eine Säcular-Variation von 6,11″, sehr nahe einem früher von Damoiseau erhaltenen Resultate von 6,56″. Den Grund der Incongruenz zwischen Hansen's und dem von ihnen erhaltenen Werthe, suchen Adams und Delaunay mit vielem Rechte in einer Verlangsamung der Erdumdrehung.

Der Halbmesser des Mondes beträgt in mittlerer Entfernung 15′ 32,4″. Tycho schon hatte ihn zu $15^5/_{12}{}'$ geschätzt und Horrox fand 15,5′. Der wahre Durchmesser ist 468 geographische Meilen.

Der Mond besitzt keine wahrnehmbare Abplattung, dagegen, wie schon Lagrange vermuthete, eine sehr geringe Verlängerung gegen den Erdkörper hin, so dass er also für einen Beobachter ausserhalb der Mondbahn, periodisch eine geringe Ellipticität zeigen wird.

Neuerdings hat Hansen, zum Theil auf den Arbeiten von Nicollet und Wichmann fussend, sehr wahrscheinlich gemacht, dass der Schwerpunkt unseres Satelliten nicht mit seinem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, sondern 8 geographische Meilen jenseits desselben liegt. Die

gegen die Erde hin verlängerte Gestalt, welche der Mond bei stereoskopischer Darstellung von Photographien, zu besitzen scheint, und woraus man einen Beweis für die Richtigkeit der analytischen Resultate in Betreff dieses Punktes ableiten wollte, ist sicherlich nur eine Täuschung.

Die gesammte Oberfläche des Mondes umfasst 688 640 geographische Quadratmeilen. Wenn man die Grösse des europäischen Russlands zu 100 000, jene Sibiriens nach Wenjukoff zu 268 855 Quadratmeilen annimmt, so umfassen beide Theile des Zaarenreiches mehr Quadratmeilen, als die ganze uns sichtbare Mondscheibe. Unser Erdtheil Amerika hat ungefähr gleiches Areal wie die gesammte Mondoberfläche. Man knüpft gern räumliche Vergleiche von Grösse und Ausdehnung dessen, was unserer Berührung unerreichbar im Weltenraume kreist, an das, was in unserer Umgebung auf unserm kleinen Planeten sich befindet.

Der Mond wendet der Erde beständig dieselbe Seite zu, er dreht sich also während jeden Umlaufs einmal um seine Axe. Weil diese Umdrehung gleichmässig, die Bahnbewegung hingegen ungleichförmig ist und beide nicht in derselben Ebene von Statten gehen, so resultirt eine periodische Verschiebung der scheinbaren Lage sämmtlicher Punkte der Mondoberfläche gegen unsere Erde, die Libration in Länge und Breite, während die parallactische Libration einfach von der Entfernung unseres Satelliten und den Dimensionen des Erdsphäroids abhängt. Durch die Libration wird uns nach und nach mehr als genau eine Hälfte der Mondoberfläche sichtbar. Oestlich und westlich kann sie auf 7° 53′ der Mondkugel steigen, nördlich und südlich auf 6° 47′ und unter dem 40. Grade nördlicher oder südlicher Breite auf 10° 24′. Der uns niemals zu Gesichte kommende Theil der Mondoberfläche beträgt 0,4243, oder 292 190 Quadratmeilen.

Die Masse des Mondes ist nach Peters und Schidloffsky $^1/_{81}$ der Erdmasse; Lindenau hatte sie früher bedeutend geringer, $\frac{1}{87.7}$, gefunden, allein es scheint, dass selbst der zuerst angeführte Werth noch einer kleinen Vergrösserung bedürfe und $^1/_{80}$ als Verhältniss der Masse von Mond und Erde der Wahrheit am nächsten kommt. Leverrier bleibt bei $\frac{1}{81.6}$ als Mondmasse stehen. Hieraus ergibt sich bei dem $\frac{1}{49.38}$ betragenden Volum der Mondkugel, deren mittlere Dichte zu 0,6 von jener der Erde.

Ein Körper durchfällt auf der Mondoberfläche in der Ersten Secunde einen Raum von 2,5 pariser Fuss.

Die Unebenheiten und mehr noch die Helligkeits-Ungleichheiten der Mondoberfläche, sind in allgemeinen Zügen schon dem blossen Auge bemerkbar. Man darf daran erinnern, dass wir von der Oberfläche keines Planeten, selbst unter Anwendung der vorzüglichsten Instrumente, verhältnissmässig so Detaillirtes unterscheiden können, als von der Mondoberfläche mit blossem Auge.

Plutarch schon bemerkte, dass man die Mondflecke für Berge und Thäler ansehen könne, dagegen bestritt er die von Agesianax aufgestellte Hypothese, als erblickten wir in der Mondscheibe, ähnlich wie in

einem Spiegel, die Umrisse der Continente und Meere unserer eigenen Erde. Unter den mannigfachen phantastisch-träumerischen Ansichten der griechischen Denker über den die Nächte erleuchtenden Mond, begegnet man erfreut rationelleren Anschauungen bei dem, in so manchen naturwissenschaftlichen Hypothesen, seiner Zeit um Jahrtausende vorausgeeilten Anaxagoras. Nach dem Zeugnisse des Diogenes Laertius, hat jener scharfsinnige Philosoph volle sechs Jahrhunderte vor Plutarch, die Lehre vorgetragen, dass auf dem Monde Berge und Thäler (sowie Bewohner) existirten, dass er eine Welt für sich sei. Solche Behauptungen sind schwerlich ausschliesslich speculativer Natur; sie wurden vielleicht unterstützt durch ein aufmerksames Betrachten der zu- und abnehmenden Mondphasen unter dem heitern südlichen Himmel. Plutarch erwähnt ausdrücklich der Berggipfel und vergleicht sie mit dem Athos, dessen Schatten zur Zeit der Solstitien die eherne Kuh auf dem Marktplatze der Stadt Myrine auf Lemnos erreichte. Bedenkt man, dass bei günstiger Libration, selbst der dunkle Fleck Grimaldi dicht am Ostrande der Mondscheibe mit blossem Auge gesehen werden kann, so muss man gestehen, dass nach den widersprechenden und mangelhaften Ansichten des Alterthums und Mittelalters, man sich bis zur Erfindung der Ferngläser viel zu wenig mit Beobachtung der Mondoberfläche beschäftigt hat.

Im Mai 1609 richtete Galilei zuerst das eben von ihm construirte Fernrohr auf den Mond, und von dieser Zeit an datirt eine genauere Kenntniss der Oberfläche unseres Trabanten.

Bei jenen ersten Beobachtungen erkannte schon der florentinische Physiker die Eigenthümlichkeit der Mondgebirge als nahe kreisrunde, mit Bergen umgebene Landschaften, vergleichbar dem böhmischen Bergkessel. Er erwähnt Bergspitzen, welche als isolirte helle Punkte aus dem noch nachtbedeckten Theile der Mondscheibe bis zur Lichtgrenze emporragen, und deren Höhe nach seinen unvollkommenen Messungen etwa eine geographische Meile betragen würde.

Die Mondkarte, welche Galilei entwarf, musste bei dem Mangel einer hinreichenden Vergrösserung und mehr noch eines geeigneten Messinstruments, nothwendiger Weise sehr unvollkommen sein, und das Gleiche gilt von den etwas späteren Versuchen Scheiner's, Schirläus' u. A. Genauer in jeder Beziehung war die Karte, welche der Danziger Bürgermeister Hevel nach eignen Beobachtungen entwarf. Zwar gab auch er die Lage der einzelnen Mondflecke nur nach dem Augenmaasse, allein bei der ungemeinen Aufmerksamkeit, welche dieser Astronom auf seine Arbeit verwandte, war der Fortschritt gegenüber den bisherigen Versuchen ein sehr bedeutender. Hevel fand als Maximum der Höhe von Mondbergen 5000 Meter. Die von ihm gezeichnete Mondkarte erschien 1647. Fast gleichzeitig beschäftigten sich Peyresl und Gassendi mit einer ähnlichen Arbeit, doch stellten sie dieselbe auf die Nachricht von Hevel's Unternehmen wieder ein, als bereits einige Blätter ihrer Mondkarte erschienen waren. Riccioli betheiligte sich gleichfalls an der topographi-

schen Darstellung des Mondes, aber die von ihm zu Stande gebrachte Karte beruht zum Theil auf den sehr primitiven Versuchen Grimaldi's. Die Höhenbestimmungen sind vollkommen unbrauchbar. Um so mehr leistete Riccioli in der Nomenclatur der einzelnen Mondflecke. Die Mondkarte von Dominicus Cassini besitzt einen Durchmesser von 12 pariser Fuss, enthält aber nur sehr wenig Detail. Wie bei allen seinen Arbeiten, so erkennt man aber auch hier den grossen Beobachter, dessen Hauptbestreben auf Gewinnung möglichst exacter Grundlagen hinzielt. Die Lage der hauptsächlichsten Mondflecke wurde durch Messung ermittelt und die übrigen zwar bloss nach dem Augenmaasse, aber auf eine mittlere Libration reducirt, eingetragen. Lahire hat ebenfalls eine grosse, theilweise auf eigenen Beobachtungen beruhende Mondkarte entworfen, die indess nicht publicirt worden ist.

Die erste wirklich wissenschaftliche Darstellung der Oberflächenverhältnisse unseres Satelliten, verdanken wir dem Talente und beharrlichen Fleisse von Tobias Mayer. Wenn auch die ursprüngliche Absicht dieses berühmten Astronomen, die nach Lichtenberg's Angabe darauf hinausging, eine möglichst detaillirte, bloss auf eigenen Messungen beruhende Selenographie zu liefern, durch äussere Verhältnisse behindert, nicht realisirt wurde; so fand sich doch in dem Nachlasse Mayer's, eine kleine $7^1/_2$-zöllige Generalkarte des Mondes, die ausschliesslich nach Mikrometermessungen des Verfassers entworfen war. Sie erschien 1775 zu Göttingen im ersten Bande von Mayer's Opera inedita und blieb länger als ein halbes Jahrhundert die einzige brauchbare Karte unseres Trabanten.

Schröter in Lilienthal, der den Mond eifrig und viele Jahre hindurch erst mit einem 7füssigen, dann mit 18- und 27füssigen Spiegelteleskopen durchforschte, beschäftigte sich ausschliesslich mit Untersuchung einzelner Mondlandschaften, von denen er Zeichnungen gab, die freilich weniger die wahren, horizontalen und verticalen Verhältnisse, sondern mehr die scheinbaren (Schattenwurf, Hervortreten lichter Punkte aus dem nächtlichen Dunkel) in den Vordergrund stellten, so dass sich aus ihnen ein vollständiges Bild der Mondoberfläche nicht zusammenstellen lässt. Die Beiträge, welche Herschel seit 1780 zur Kenntniss der Mondoberfläche geliefert, sind sehr unbedeutend; das Feld für Herschel's Teleskope war der Fixsternhimmel, nicht die Mondscheibe. W. G. Lohrmann in Dresden war der Erste, der es unternahm, eine den Anforderungen der modernen Wissenschaft entsprechende Mondkarte herzustellen. Indess ist das fleissige und mühevolle Unternehmen nicht ganz durchgeführt worden. Im Jahre 1824 erschien eine Section in 4 Blättern, und später (1838) eine sehr schöne Generalkarte des Mondes, zwei Jahre vor dem leider zu früh erfolgenden Tode des thätigen Beobachters. Im Jahre 1830 begannen Beer und Mädler ihre bekannte selenographische Arbeit, als deren Resultat die 3 Fuss im Durchmesser haltende Generalkarte und die vergleichende Selenographie „der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen" erschien. Die beiden berliner Beobachter

gingen nicht zu weit ins Detail ein, ihre Karte enthält nur Gegenstände, die mit 4füssigen Fraunhofer'schen Achromaten bequem gesehen werden können. Später hat Mädler noch einige Specialaufnahmen einzelner interessanter Landschaften ausgeführt, durchgängig mit Hülfe von 14füssigen Refractoren. Zunächst an Beer's und Mädler's Arbeit, müssen die Untersuchungen von Julius Schmidt angereiht werden, und diesen thätigen Astronomen darf man wohl gegenwärtig mit Recht als den genauesten Kenner der Mondoberfläche bezeichnen. Seit 1840, besonders aber seit 1842, hat dieser Astronom andauernd den Mond untersucht und die Resultate seiner Wahrnehmungen graphisch niedergelegt. Gegenwärtig ist er mit Vollendung der Lohrmann'schen Selenographie beschäftigt und mit Herstellung einer grossen Mondkarte, die, nach den bekannt gewordenen Vorarbeiten zu schliessen, die Beer- und Mädler'sche Mappirung weit hinter sich zurücklassen wird. Beiträge zur Kenntniss einzelner Mondgegenden haben noch Pastorf, Gruithuisen, Kunowsky, Kinau und englische Beobachter geliefert.

Nicht mit Unrecht hat man schon seit einer Reihe von Jahren auf die Wichtigkeit der Photographie für die Aufnahme der Mondscheibe aufmerksam gemacht. Schon 1840 äusserte Arago in der Deputirtenkammer, als es sich um Bewilligung einer Nationalbelohnung für Daguerre handelte: „Bisher haben die Mondstrahlen, sogar wenn sie im Brennpunkte der grössten Linse vereinigt waren, durchaus keine nachweisbare physikalische Wirkung ausgeübt. Aber die nach Daguerre's Verfahren präparirten Platten bleichen unter Einwirkung der Mondstrahlen und der nachfolgenden Operationen dergestalt, dass die Hoffnung begründet erscheint, man werde einst photographische Karten unseres Satelliten herzustellen vermögen, d. h. man werde im Laufe weniger Minuten eine der langwierigsten, mühsamsten und schwierigsten Arbeiten in der Astronomie ausführen können.“ Diese Hoffnungen Arago's haben sich erst vor wenigen Jahren zu verwirklichen begonnen. Lichtbilder des Mondes konnten alle nur in sehr kleinen Dimensionen erhalten werden, da es bei starken Vergrösserungen nicht möglich ist, das Fernrohr mit dem Apparate, der fast 8 Minuten lang dem Mondlichte exponirt werden musste, der verwickelten Bewegung unseres Trabanten mit aller nothwendigen Genauigkeit folgen zu lassen. Neuerdings haben sich Bond, Whipple, Black, Wolf, Rayet, Warren de la Rue, Lewis Rutherford und Draper sehr um die photographische Darstellung der Mondoberfläche verdient gemacht. Die glänzenden, von ihnen erzielten Resultate, gelangen durch Darstellung von für das Licht empfindlicheren Substanzen als man früher kannte, sowie durch Vervollkommnung der optischen Apparate, welche zur Entwerfung des Bildes dienen. Dem zuletzt Genannten ist es wiederholt gelungen, scharfe Darstellungen des Vollmondes, in 1/3 Secunde zu erhalten. Bei der Mondfinsterniss am 4. October 1855, benutzten Wolf und Rayet ein Foucault'sches Teleskop mit versilbertem Glasspiegel, das bei 20 Centimeter Oeffnung 1 Meter Brennweite besass. Die Lichtstärke

dieses Teleskops erwies sich bedeutend genug, um die präparirte Platte nur 1 Secunde zu exponiren und dennoch ausgezeichnete Bilder zu erhalten. Rutherford wendet bei seinen Aufnahmen ein Objectiv von $11^1/_4$ Zoll Oeffnung und 14 Fuss Brennweite an. Das Instrument wird durch ein von Alvan Clarc und Sohn construirtes Uhrwerk gedreht. Es gelang dem Beobachter erst nach den vielfältigsten Bemühungen, im Jahre 1864 ein Objectiv herzustellen, bei dem der chemische mit dem optischen Brennpunkte coincidirt. Ein solches ist freilich für die unmittelbare Beobachtung verloren, aber desto besser für photographische Zwecke; es gibt Sterne 9. Grösse auf der Platte deutlich wieder. Am 6. März 1865, als der Apparat zum ersten Male gegen den Mond gerichtet ward, war dieser drei Tage nach dem ersten Viertel. Die Dauer der Exposition betrug weniger als 3 Secunden. Das erhaltene Bild hat 1 Fuss $7^1/_2$ pariser Zoll Durchmesser und zeigt eine Menge Detail. Die ausgezeichneten Bilder, die Warren de la Rue bereits im Jahre 1857 erhalten hat, gestatten sehr gut mikrometrische Messungen mittels des Mikroskops, und das Lunar Comite der British Association beabsichtigt, dieselben zur Basis einer grossen, 6 Fuss im Durchmesser haltenden Karte des Mondes zu benutzen, auf Grund deren eine zonenweise Untersuchung der ganzen Mondoberfläche unternommen werden soll.

Es ist ein auffallendes Factum, dass verschiedene Theile des Mondes, die dem Auge im Fernrohre gleich hell erscheinen, chemisch verschieden wirken und in ungleichem Maasse die exponirte Platte angreifen. Es stimmen Licht und Schatten auf den photographischen Bildern nicht immer genau mit denjenigen des optischen Bildes überein. Man bemerkt gern, wie derartige Wahrnehmungen uns mit der Zeit zu einigermaassen sicheren Schlüssen über Stoffverschiedenheit einzelner Punkte der Mondoberfläche führen können.

Es lässt sich nicht bestreiten, dass man an der Hand der Photographie einst unvergleichlich mehr in das Detail der Mondoberfläche eindringen wird, als dies durch blosse Beobachtung mittels grosser Fernrohre geschehen kann. In bedeutenden Höhen über dem Erdboden, wo die Luft jene Heiterkeit, Ruhe und Klarheit besitzt, deren fast beständiges Fehlen in der Ebene die Anwendung starker Vergrösserungen auf den Mond behindert, kann man sich nicht wohl dauernd aufhalten, um Studien über die Mondoberfläche anzustellen. Dagegen genügt ein kurzer Aufenthalt, um mit Hülfe der Photographie Darstellungen zu erhalten, die man später mit Musse untersuchen kann. —

Schon seit mehr als 170 Jahren hat man versucht die Helligkeit des Mondlichtes in Vergleich zu jenem der Sonne zu bestimmen. Smith setzte die scheinbare Helligkeit des Mondes der mittlern Helle des reinen Himmels bei Tage etwa gleich, woraus sich dafür $\frac{1}{400\,000}$ der Sonnenhelligkeit ergibt. Allein wenn man erwägt, dass zwischen dem Auge und Monde auch noch das Licht desjenigen Theiles der Atmosphäre sich be-

findet, hinter dem der Mond steht, so muss man die Zahl $\frac{1}{400\,000}$ beträchtlich verkleinern.

Bouguer versuchte, durch Vergleichung des Sonnen- und Mondlichtes mit dem Lichte zweier Kerzen, das Problem zu lösen und erhielt im Mittel aus vier ziemlich mit einander übereinstimmenden Versuchen, $\frac{1}{300\,000}$, ein Resultat noch grösser wie jenes von Smith.

Wollaston erhielt aus 12 Versuchen mittels Vergleichung der Schatten, $\frac{1}{801\,070}$. Die Versuche wurden einerseits mit Sonnen- und Kerzenlicht, anderseits zwischen Mond- und Kerzenlicht angestellt. Wollaston bemerkt, dass die ersteren Vergleichungen gut, die letzteren schlecht mit Bouguer's Experimenten übereinstimmen.

Michell und Euler schlossen früher aus theoretischen Gründen, dass der Mond 450 000 resp. 374 000 mal lichtschwächer als die Sonne sei.

Nach Lambert würde die Leuchtkraft des Vollmondes $\frac{1}{277\,000}$ von jener der Sonne sein, wenn man den Erleuchtungscoefficienten des Mondes zu $^1/_4$ annimmt. Doch ist diese Annahme, wie auch Lambert selbst bemerkt, gewiss nicht richtig, indem jener des feinsten Bleiweisses nur 0,4 beträgt.

In neuester Zeit ist das Problem definitiv entschieden worden durch die Messungen, welche Zöllner mit seinem ausgezeichneten photometrischen Apparate angestellt hat. Beobachtungen, bei welchen leuchtende Flächen verglichen wurden, ergaben $\frac{1}{618\,000}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 1,6 Procent; andere, bei denen leuchtende Punkte zur Vergleichung dienten, lieferten sehr nahe dasselbe Resultat, nämlich $\frac{1}{619\,000}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 2,7 Procent. Schon früher hatte Lambert, der Begründer der wissenschaftlichen Photometrie, eine auf analytischem Wege gefundene Formel angegeben, welche die relative Helligkeit der verschiedenen Mondphasen ausdrückt. Diese Formel war unter Zugrundelegung einer genau kugelförmigen, das Licht zerstreut und allenthalben gleich stark reflectirenden Mondoberfläche gewonnen worden, Voraussetzungen wie sie der Calcül nothwendig forderte, wenn das relative Lichtverhältniss auf rein theoretischem Wege sollte gefunden werden. Erst im Jahre 1865 hat Zöllner mittels seines Astrophotometers zeigen können, dass die Lambert'sche Formel mit der Wirklichkeit auch nicht entfernt übereinstimmt. Bessere Resultate wurden dagegen erhalten, als Dr. Zöllner in die Lambert'sche Formel eine Constante β einführte, welche den mittlern Elevationswinkel der Mondberge ausdrückt und deren Werth zu 52° bestimmt wurde. Die Formel, welche für alle Phasen bis in die Nähe der Quadraturen reicht, wurde jetzt:

$$\frac{q}{q'} = \frac{\sin(v-\beta) - (v-\beta)\cos(v-\beta)}{\sin(v'-\beta) - (v'-\beta)\cos(v'-\beta)}$$

wo q und q' die Lichtmengen zweier verschiedenen Mondphasen, v und v' aber die entsprechenden Winkelabstände zwischen Sonne und Mond bezeichnen. Dass diese Formel weit besser das wahre Helligkeitsverhältniss

darstellt, als diejenige von Lambert, ergibt sich aus der nachstehenden Beobachtungstabelle, für welche die Helligkeit des Vollmondes = 100 angenommen ist.

v	Berechnete Helligkeit		Beobachtete Helligkeit
	nach Lambert	nach Zöllner	von Zöllner
179°	99,98	98,60	98,60
185	99,63	92,79	87,20
172	99,06	88,41	92,19
169	98,24	84,04	88,76
193	97,57	81,21	82,60
161	94,93	72,29	68,41
156	92,13	65,15	71,38
153	90,18	61,00	57,90
207	90,18	60,93	63,47
152	89,50	59,60	56,15
208	89,50	59,60	57,00
147	85,82	52,90	48,60
140	80,04	43,70	47,10
219	94,93	45,00	41,70
139	99,66	42,50	43,95
122	78,27	41,40	38,00
134	74,61	36,70	36,10
232	68,87	27,63	29,11
122	62,91	24,30	27,10
242	58,89	20,60	20,40
249	51,82	15,20	14,60

Mittels des für den Mond gefundenen Helligkeitswerthes, findet sich die wahre lichtreflectirende Kraft desselben, die sogenannte Albedo, zu 0,1736 ± 0,0035, also bedeutend geringer als der Werth 0,25, der aus Lambert's Rechnungen folgte, und gerade die Mitte einhaltend zwischen diesem und demjenigen Werthe, der sich aus Wollaston's Experimenten ergibt. Die lichtreflectirende Kraft der Mondoberfläche ist sonach fast gleich gross wie jene des Thonmergels, welche nach Zöllner's Bestimmungen 0,156 beträgt. Die Albedo des Mondes hat einen geringern Werth als diejenige aller bis jetzt in dieser Hinsicht von Zöllner untersuchten Planeten. Es beträgt nämlich die lichtreflectirende Kraft M für:

Mars	0,2672 ± 0,0155
Jupiter	0,6238 ± 0,0355
Saturn	0,4981 ± 0,0249
Uranus	0,6406 ± 0,0540
Neptun.	0,4648 ± 0,0372

Bei Berechnung der wahrscheinlichen Fehler, sind die Unsicherheiten in der Grössenbestimmung der Planetendurchmesser bereits berücksichtigt. Zur Vergleichung mögen hier noch beiläufig die Werthe von M für einige irdische Stoffe mit zerstreuter Reflexion folgen, wie sie Zöllner mittelst seines schönen Apparates bestimmt hat:

	M
Frisch gefallener Schnee	0,783
Weisses Papier	0,700
Weisser Sandstein	0,237
Thonmergel	0,156
Quarzporphyr	0,108
Feuchte Ackererde	0,079
Dunkelgrauer Syenit	0,078

Die Albedo von Glas ist 0,040, von Wasser 0,021, von Quecksilber 0,648, von Spiegelmetall 0,535, alles Substanzen mit spiegelnder Reflexion.

Die Farbe des Mondlichtes ist gelb. Während des Tages erscheint der Mond weiss, weil sich mit dem gelben Lichte der Mondscheibe derjenige Theil der blauen Farbe der Atmosphäre vermischt, welcher sich auf der Mondscheibe projicirt und beide in ihrer Vereinigung Weiss bilden. Diese Erklärung ist von Arago. Einzelne Theile der Mondoberfläche zeigen mehr oder minder deutliche Farbenabstufungen vom blendendsten Weiss bis zum tiefsten Stahlgrau oder Grünlichgrau. Schon 1667 behauptete Hooke, auf dem Monde seien gewisse Regionen mit einer Art von Vegetation bedeckt; wahrscheinlich bemerkte er den grünlichen Schimmer einzelner Theile der Mondscheibe. Nach Mädler ist das mare serenitatis grünlich; ich würde es mehr graugrünlich schätzen. Gleichfalls grünlich erscheinen: das mare crisium und mare humorum, während der Fleck Lichtenberg und der palus somnii röthlich schimmern. Diese übrigens schwierig aufzufassenden Farbentöne, bleiben constant bei jeder Lunation, sie sind also unzweifelhafte Eigenthümlichkeiten des Bodens auf der Mondoberfläche.

Die Untersuchung des Spectrums vom Mondlichte, hat die nämlichen schwarzen Linien ergeben, welche das Sonnenlicht zeigt und ausserdem keine neuen.

Schon der Sanskritname des Mondes beweist, dass man seit den ältesten Zeiten sein Licht als gänzlich der Wärme ermangelnd ansah. Bei Plutarch heisst es in dem Gespräche über das Gesicht im Monde, dass das Sonnenlicht, wenn es vom Monde zu uns reflectirt wird, fast alle Wärme verliere, so dass uns nur schwache Reste davon zukämen. Es ist schwer zu entscheiden, woher diese Idee einer Mondwärme entstanden ist. Dagegen heisst es in Macrobius wieder (Somn. Scip.), dass der Mond

keine uns wahrnehmbare Wärme herniedersende. Experimentelle Untersuchungen, die wärmeerregende Kraft des Mondlichtes zu bestimmen, treffen wir erst in der neueren Zeit. Tschirnhausen in der zweiten Hälfte des siebenzehnten Jahrhunderts, beschäftigte sich viel mit Lösung des Problems, aber seine gewaltigen Brennspiegel zeigten nicht die geringste Wirkung des concentrirten Mondlichtes. Lahire wandte 1705, Brennspiegel von fast 3 Fuss Durchmesser an, allein auch hiermit erblickte er nicht die leiseste Spur auf ein sehr empfindliches Luftthermoskop. Howard an der Maryland-Universität concentrirte 1820 das Mondlicht mittels eines 13zölligen Brennspiegels und fand eine an der thermometrischen Skala bemerkliche Wärmewirkung. Im Jahre 1822 wiederholte Pictet diese Versuche, erhielt aber nur negative Resultate.

Mittels einer Thermosäule und einer Linse von 30 Zoll Durchmesser und 41 Zoll Brennweite fand Forbes im Jahre 1834 deutliche Wärmewirkungen des Mondlichtes; aber die Berechnung der Quantität dieser Wärme zu 0,000003° C. ist sehr unsicher. Im Jahre 1846 fand Melloni mittels einer dreifüssigen Zonenlinse und eines thermoelektrischen Apparates ebenfalls deutliche Spuren von Wärme im Mondlichte.

Die 1856 von Piazzi Smyth auf dem Pic von Teneriffa beobachteten Wärmewirkungen der Mondstrahlen entsprechen nach Marié-Davy's Versuchen 0,00075° C. Die Untersuchungen von Lord Rosse in den Jahren 1868 bis 1869 ergeben, dass die Mondwärme zu 92 Proc. aus unsichtbaren und nur zu 8 Proc. aus sichtbaren Strahlen herstammt. Im Sommer 1869 bestimmte Baille in Paris durch Wiederholung der Rosse'schen Versuche, dass die Wärme des Vollmondes derjenigen entspricht, welche ein Würfel siedenden Wassers von $6^1/_2$ Centimeter Seite auf eine Distanz von 35 Meter hin ausübt.

Einige Tage vor und nach dem Neumonde, bei noch geringer Breite der lichten Phase, erblickt man häufig bei günstigem Himmel, selbst am Tage, kurz vor Sonnenuntergang, den dunklen Theil der Mondscheibe phosphorisch schimmern. Diese seit den ältesten Zeiten häufig wahrgenommene Erscheinung, deren Erklärung die Alten zu den sonderbarsten Hypothesen verleitet, ist zuerst, wie Venturi allgemeiner bekannt gemacht hat, von dem unsterblichen Leonardo da Vinci theoretisch ergründet worden. Als Mästlin 1596 öffentlich in Tübingen seine Behauptung vertheidigte, dass der aschfarbene Schimmer in des Mondes Nachtseite, von reflectirtem Erdlichte d. h. von zweimal zurückgestrahltem Sonnenlichte herrühre, war diese Erklärung von dem grossen florentinischen Maler lange vorher aufgestellt gewesen. Im Siderius nuncius gedenkt Galilei dieser Theorie als seiner eigenen Entdeckung.

Mit blossem Auge erkennt man das aschfarbene Licht kaum mehr zwei Tage vor den Quadraturen. Hevel erblickte es mehrfach noch einen Tag nach dieser Epoche, Schröter zwei bis drei Tage in einem 7 füssigen Reflector bei 160facher Vergrösserung. Ich selbst habe das Phänomen in einem kleinen Nachtfernrohre häufig einen Tag nach der Quadratur,

einmal sogar 31 Stunden später gesehen. Schon Galilei behauptete, das aschfarbene Licht sei vor dem Neumonde heller als nach demselben, und Schröter stimmt dem bei. Er und vor ihm schon Lambert, erklären die verschiedene Intensität daher, dass bei abnehmendem Monde, also vor dem Neumonde, unser Satellit das Licht erhält, welches von den grossen Ländermassen Asiens und Afrikas zurückstrahlt, während bei zunehmendem Monde, nach der Conjunction, hauptsächlich oceanische Theile unserer Erde, das atlantische und das stille Meer, dem Monde Licht reflectiren, das minder intensiv ist wie jenes, welches von den Berglandschaften Mittelasiens zurückgestrahlt wird. Die nämliche Bemerkung hatte früher auch schon Galilei gemacht. Lambert hat in den Abhandlungen der Berliner Akademie eine Beobachtung veröffentlicht, deren Wichtigkeit eine Zeit lang über Gebühr hervorgehoben worden ist. Am 14. Februar 1774 bemerkte jener Physiker, als er den Mond mit einem kleinen Fernrohre bei siebenmaliger Vergrösserung betrachtete, dass das secundäre Licht, weit entfernt aschfarben zu sein, vielmehr von olivengrüner Färbung war. Der Mond stand damals senkrecht über dem atlantischen Oceane, während sich die Sonne im Zenith des südlichen Theiles von Peru befand. „Damals," so sagt Lambert, „verbreitete also die Sonne ihren grössten Glanz über Südamerika, und wenn nirgend Wolken hinderlich waren, so musste dieses grosse Festland dem Monde grünliche Strahlen in solcher Menge zusenden, um denjenigen Theil seiner Oberfläche, der nicht vom directen Sonnenlichte getroffen wurde, in dieser Farbe erscheinen zu lassen. — So kann es wohl geschehen, dass die Erde von den Planeten aus gesehen, etwas grünlich erscheint." Schon Arago hat Zweifel gegen diese Erklärung erhoben. Mit verschiedenen nicht achromatischen Nachtfernrohren, sah er deutlich einen olivengrünen Schimmer; ein achromatisches Instrument zeigte den grünlichen Ton weniger bestimmt. Arago ist zu der Annahme geneigt, dass die grünliche Färbung nur Contrastwirkung sei, hervorgerufen durch die rothe oder orangerothe Farbe, die man bei nicht achromatischen Ferngläsern auf dem von der Sonne beschienenen Theile der Mondscheibe und am Rande der dunkeln Flecke wahrnimmt. Möglicherweise habe auch die blaugrüne Färbung der Atmosphäre einigen Antheil an der Erscheinung, doch hält Arago seine Erklärung noch keineswegs für unanfechtbar. Mehrjährige aufmerksame Verfolgung der Erscheinung, hat mich zu dem Resultate geführt, dass das secundäre Mondlicht recht uneigentlich als aschgrau bezeichnet wird; es ist vielmehr graugrün, und die Farbe, welche Lambert für eine ausnahmsweise hielt, ist die gewöhnliche. Da man das Phänomen bei aufmerksamer Beobachtung auch in vollkommen achromatischen Fernrohren erblickt, und ich auch dann selbst die graugrüne Farbe erkannt habe, wenn die leuchtende Mondsichel durch einen undurchsichtigen Gegenstand im Focus des Fernrohres verdeckt wurde, so bleibt kein Zweifel darüber, dass die Farbe keineswegs blosse Contrastwirkung ist. Es bietet sich nur die Alternative: entweder ist das reflectirte Erdlicht an und für sich

grünlichweiss, oder jener olivengrüne Ton des secundären Mondlichtes wird durch unsere Atmosphäre hervorgebracht. Wenn man bemerkt, dass das secundäre Licht der Venus ebenfalls eine grünliche Nuance besitzt, während es nicht durch reflectirtes Erdlicht erzeugt wird, so gewinnt die Ansicht, jener schwache Stich ins Grünliche entstehe durch unsere Atmosphäre, eine neue Stütze. Nicht sowohl die helle Mondsichel, wie Arago glaubte, sondern vielmehr der bläuliche Grund unserer Atmosphäre ist Ursache der olivengrünen Beimischung des secundären Mondlichtes. Eine Eigenthümlichkeit, die ich beständig beobachtet habe, ist die, dass der Rand heller als die Mitte des dunkeln Theiles der Mondscheibe erscheint. Diese Thatsache würde mit den photometrischen Gesetzen unvereinbar sein, wenn man nicht bemerkte, dass überhaupt der Mondrand durchgängig heller ist, als innere Theile der Scheibe, wo sich mehr dunkle Flecke befinden.

Da das secundäre Mondlicht nur reflectirtes Erdenlicht ist, so muss seine Intensität neben der Grösse der Erdphase auch davon abhängen, welcher Grad von Diaphanität der Atmosphäre, im Mittel auf der dem Monde zugewandten Hemisphäre herrscht. So könnten uns, wie Arago bemerkt, photometrische Beobachtungen des aschfarbenen Lichtes, den mittlern Diaphanitätszustand unserer Atmosphäre kennen lehren. Freilich hängt die Verwirklichung dieser in der Theorie ganz richtigen Folgerung, neben der Vervollkommnung der photometrischen Hülfsmittel wesentlich davon ab, ob jene im secundären Mondlichte sich widerspiegelnden Veränderungen, auch diejenige Grenze erreichen, innerhalb deren wir Helligkeitsunterschiede noch mit Sicherheit erkennen können. —

Wenden wir uns nun zur speciellen Betrachtung der Mondoberfläche, so erblicken wir hier auf den ersten Blick grosse, meist zusammenhängende Flächen von dunklerer Färbung, während andere mehr oder minder hell und glänzend erscheinen. Die ersten Mondbeobachter, besonders Kepler, hielten jene grauen Flächen für Meere, die hellen für Festlandtheile, eine Ansicht, die freilich schon Hevel bezweifelte und die in der That allein aus dem Grunde unhaltbar ist, weil bei hinreichenden Vergrösserungen jene dunkeln Flächen durchaus uneben erscheinen. Sind sie auch im Allgemeinen als die am meisten ebenen Theile der Mondscheibe anzusehen, so darf man doch nicht vergessen, dass man auch bisweilen helle Ebenen und dunkle Gebirgslandschaften antrifft.

Dem Areale nach bedecken die dunkeln Flecke ungefähr $^4/_{10}$ der Mondscheibe; sie zeigen sich vorzugsweise im nordöstlichen Theile, hier häufig inselartig von kleinen hellen Parthieen unterbrochen. Wenn der gewaltige Oceanus procellarum (90 000 Q.-M.) auf der Osthälfte des Mondes, ganz an unsern stillen Ocean erinnert, so erinnern auf der westlichen Mondhälfte die zusammenhängenden mare serenitatis, mare tranquillitatis, mare foecunditatis, mare nectaris, durch ihre grosse Längenerstreckung bei verhältnissmässig geringer Breite, ganz an das atlantische Meer. Die

Phantasie verweilt gern bei solchen Analogien der Configuration, als zufälligen Resultaten der gestaltenden Kräfte.

In jenen Gebilden spiegelt sich schon mehr oder minder deutlich die allgemeine Kreisform ab, die wir auf dem Monde so häufig antreffen. Das mare crisium ist ein fast vollständiger Kreis, auch das mare serenitatis nur wenig elliptisch und die abweichende Gestalt des mare foecunditatis ist zum Theil Folge der Projection. Die Intensität der grauen Farbe der Flächen, ist am intensivsten bei den Wallebenen Endymion und Grimaldi.

Die universale Gebirgsform des Mondes stellt sich uns je nach der Grösse in drei verschiedenen Specialitäten dar; als Wallebene, wenn sie, wie bei Grimaldi und Endymion, eine grosse, meist ebene Fläche umschliesst, als Ringgebirge bei kleineren Dimensionen, und als Krater und Gruben bei den kleinsten Gebilden dieser Art.

Betrachtet man die Vertheilung der Wallebenen und besonders der Ringgebirge, so findet man sofort, dass sie ungleich häufiger in den südlichen, überhaupt den hellen Regionen der Mondscheibe vorkommen, als in den dunkeln Flächen. Wo sie sich in diesen letzteren finden, ist das Innere der bergumschlossenen Landschaft meist heller als die Umgebung, wie bei Marius und Maskelyne, manche Gebilde erscheinen aber auch innerhalb der Umwallung dunkler, so Piazzi, Sharp, Plato u. s. w. Solches beweist, dass bei Entstehung der Ringgebirge die erzeugenden Kräfte gleichwie auf unserer Erde mannigfach umwandelnd und modificirend auf die Stoffverschiedenheit gewirkt haben.

Nach Mädler sind die Wallebenen als solche älter wie die Ringgebirge. Bei diesen letzteren haben die umgebenden Wälle häufig allenthalben fast gleiche Höhe und steigen nur in sehr seltenen Fällen steil empor, während ihnen meist ein System von Terrassen vorgelagert erscheint, die nicht selten mit anderen bergrückenartigen Erhöhungen durch Ausläufer in Verbindung stehen. Auch nach Innen fällt das Gebirge allmählich ab; bisweilen laufen kleine Ketten mit einzelnen Kuppen dem äussern Walle eine Strecke weit parallel. Nur in den allerseltensten Fällen, vielleicht sogar niemals, ist die innere Fläche ganz und gar kesselförmig. In den meisten Fällen findet sich hier ein kleines Centralgebirge oder ein einzelner pickförmiger Berg, eine abgerundete Kuppe.

Nach Mädler erhebt sich der Centralberg niemals bis zur Höhe des umgebenden Walles; die aussen angrenzenden Ebenen liegen häufig noch höher als die Spitze des Centralberges. Diese Bemerkung ist durch die zahlreicheren Beobachtungen Schmidt's vollkommen bestätigt worden.

Die Höhe des Centralberges steht durchaus in keinem Zusammenhange mit der Höhe des Walles. Im Copernicus ist der Centralberg 2478′, der Wall 10 584′ hoch, bei Cassini sind diese Grössen resp. 3870′ und 4098′. Aehnlicher Beispiele lassen sich noch mehrere anführen. Schröter hat untersucht, ob das Volum der innern Aushöhlung der Ringgebirge, dem Volum der Umwallung wohl gleich sei und fand dies bei Reinhold bis auf etwa $^1/_4$, bei Theätetus bis auf $^1/_5$, bei Manilius bis auf $^1/_{28}$

bestätigt. Bei dem Ringgebirge Euler ist die innere Höhlung doppelt so gross an Volum wie der Wall. Schröter schloss aus seinen (übrigens nur sehr rohen) Untersuchungen, dass die Ringwälle durch Eruption von Innen heraus, also nicht durch „Hebung" entstanden seien.

Betrachtet man die Wälle mit hinreichenden Vergrösserungen, so erscheinen sie keineswegs monoton, sondern mit höheren und niedrigeren Kuppen besetzt und durch Querthäler und Schluchten unterbrochen. Andere Stellen zeigen Unregelmässigkeiten, die auf spätere Zertrümmerung schliessen lassen. Kleinere Krater auf den Wällen oder im Innern des Ringgebirgs sind nicht selten; oft finden sich mehrere in unmittelbarer Nähe beisammenstehend.

Die allgemeine Form der Ringgebirge erleidet bei einigen dieser Gebilde insofern Abweichungen, als ein Theil der Umwallung fehlt und die Landschaft nur an einigen Seiten geschlossen ist. So z. B. Fracastor, eine hufeisenförmige, nach Innen steil abfallende, von 8000′ hohen Bergen umgebene Landschaft. Ein ähnliches Beispiel bietet Letronne mit einer Bergumkränzung, die 3000′ Höhe erreicht. Der Sinus Iridum ist ein Gebilde dieser Art in vergrössertem Maassstabe. Es ist bemerkenswerth, dass diese meerbusenartigen Gebilde ihre offene Seite immer einem mare zukehren.

Eine andere secundäre Form bietet sich uns in den doppelten Ringgebirgen dar, die einen Wall gemeinsam haben, wie z. B. Sirsalis. Einzelne grössere Ringgebirge sind dicht neben ihrem Hauptwalle von einem kleineren begrenzt, wie z. B. Petavius. Bei der sehr merkwürdigen Landschaft Gassendi, ist das nördlich sich anschliessende kleinere, aber sehr tiefe Ringgebirge, durch eine zerklüftete Bergmasse von dem Hauptringgebirge getrennt.

Bezüglich der Plastik des Terrains ist es ein bemerkenswerthes Factum, dass in nicht wenigen Fällen der innere Boden oder Kessel eines Ringgebirges noch immer beträchtlich höher als die äussere Umgebung liegt. Bei Vitello, einem äusserst merkwürdigen Ringgebirge, das um seinen Centralberg noch eine secundäre Umwallung besitzt, beträgt nach Schmidt die Höhe des Nordostwalles über dem mare humorum 4356′, während die Höhe des Walles über der innern Fläche, nach Mädler zu nur 2400′ geschätzt werden kann. Die innere, secundäre Umwallung des Centralberges ist niedriger als dieser, dessen Höhe Schröter zu 1590′ angibt. Nach den Untersuchungen von Schmidt liegt der innere Boden des Mersenius wenigstens 3000′ höher als das mare humorum, und ebensoviel tiefer als die östliche Ebene. Dieser Boden ist blasenartig aufgetrieben. Ein Messungsversuch gab dem Athener Astronomen die Ueberzeugung, dass die Region der inneren kleinen Krater fast 1500′ höher liegt, als der Fuss der östlichen inneren Terrassen. Für Mersenius *a* ergaben zwei Messungen von Schmidt in Mittel 6330′ Höhe über der Tiefe und 13 020′ Höhe über dem mare humorum, so dass also der innere Boden 6000′ über dem mare liegt. Bei Gassendi, dessen Westwall nach

Schmidt 5370′ erreicht, liegt die innere Fläche 1800′ über der äussern. Dagegen reicht der Kraterboden des Aristarch nach Mädler volle 4572′ unter das Niveau der anstossenden Ebene, und der Boden des Herodot liegt auch noch tiefer als diese, da er nur 2400′ höher als der des Aristarch ansteigt.

Mit solchen abnormen Niveauverhältnissen vergleicht man gern diejenigen der wenigen analogen irdischen Gebilde, wo z. B. der Boden des böhmischen Bergkessels im Mittel keine 500′ über der nördlichen flachen Umgebung liegt.

Die Krater finden sich, bald isolirt, bald mehrere zusammen, besonders im südlichen Theile des Mondes in ungeheurer Anzahl. Sie sind natürlich von verschiedener Grösse: den Uebergang zu den kleinen Ringgebirgen bezeichnend, bis zu den kleinsten Objecten, die noch überhaupt für ein sehr starkes Fernrohr bei günstigem Schattenwurfe sichtbar werden. Ihre Tiefe ist durchgängig bedeutend. Häufig zeigen sie sich in Reihen geordnet, nach Mädler findet man selbst 10 bis 12 perlschnurartig hintereinanderstehend. Bisweilen ist die Umwallung an einer Seite gesprengt, und es führt eine Art von Thor zum Krater. Der kleine Krater ψ zwischen Ramsden und Campanus hat einen, sein Inneres fast ausfüllenden secundären Krater, ebenso nach Schmidt, wie in dem eingreifenden Wallkrater des Hesiod.

Neben den bis jetzt genannten Gebirgsformationen, treten ziemlich vereinzelt auch Gebirgsysteme auf, die mit denjenigen unserer Erde eine grössere Aehnlichkeit haben, wenn ihnen freilich die Verzweigung, die wir hier durchgehends wahrnehmen, abgeht. Solche Bergketten sind: das Altaigebirge, mit einer grössten Erhebung von 12 459′, die Cordilleren bis zu 11 700′ ansteigend, der Hämus mit Höhen von 6222′, die mächtige Apenninenkette im Hüygens 16 934′ Höhe erreichend, der Kaukasus ebenfalls mit Gipfeln von 17 000′ Höhe. Dagegen erreicht das Taurusgebirge nur 8500′, das massige System der Karpathen bloss 6000′. Die höchsten Höhen der Mondalpen haben 11 136′, diejenigen der Pyrenäen 11 200′, während die Hercynischen Berge am Ostrande des Mondes keine 3600′ erreichen..

Die Frage nach den höchsten Bergerhebungen auf dem Monde lässt sich nicht unbedingt beantworten. Da es an einer allgemeinen mittlern Niveaulinie fehlt, wie sie auf unserm Planeten die ruhige Oberfläche des Meeres darbietet, so können die Höhen dort nur auf die nächste Umgebung bezogen werden und sind folglich relative. Auch fehlt es noch sehr an wirklich genauen Bestimmungen dieser Art. Schmidt in Athen, der mehr Messungen von Mondbergen ausgeführt hat, als alle übrigen Beobachter zusammengenommen, findet den von Mädler mit δ bezeichneten Hochgipfel auf dem Nordostwalle des Curtius nach einer Discussion von 80 Messungen 27 186′ hoch, mit einer Unsicherheit von $\pm$ 1608′. Mädler gibt die grösste Höhe hier zu 20 898′ an. Ein kuppelförmiger Berg am Südpole des Mondes ward von Schmidt zu 26 628′ gemessen und der-

selbe Astronom bemerkt, dass, wenn man beachtet, wie zahlreiche und sichere Messungen die Tiefen der Kraterbecken des Theophilus und Copernicus zu 9600 bis 10 200 pariser Fuss ergeben, die Behauptung, es existirten auf dem Monde absolute Höhenunterschiede von 36 000 pariser Fuss, nicht übertrieben erscheine.

Bei Mädler finden sich folgende Höhenpunkte, die 18 000′ übersteigen:

Dörfel und Leibnitz	22 800	par. Fuss
Ringgebirge Newton	22 362	„
„ Casatus	21 420	„
„ Curtius	20 898	„
„ Callippus	19 140	„
„ Tycho	18 500	„

Nach den Messungen von Schmidt steigt auch Short bis zu 18 000′ an, wogegen Calippus um 1000′ niedriger anzunehmen wäre. Mit solchen enormen Höhen correspondiren auch die Durchmesser der Ringgebirge. So beträgt der Durchmesser von:

Clavius	30,6	geogr.	Meilen	und	die	höchste	Erhebung	15 792′
Ptolemäus	24,9	„	„	„	„	„	„	7 400
Scheiner	15,4	„	„	„	„	„	„	15 500
Fabricius	12,0	„	„	„	„	„	„	7 800
Atlas	12,0	„	„	„	„	„	„	10 261
Copernicus	12,0	„	„	„	„	„	„	10 584
Tycho	11,7	„	„	„	„	„	„	18 000
Aristoteles	11,0	„	„	„	„	„	„	10 000
Archimedes	10,8	„	„	„	„	„	„	5 000
Werner	9,7	„	„	„	„	„	„	14 658
Abulfeda	8,5	„	„	„	„	„	„	9 600
Plinius	7,0	„	„	„	„	„	„	4 000

Die Bildungen der Mondoberfläche deuten unstreitig auf vulcanische Thätigkeit und zwar von solcher Intensität, wie wir dieselbe auf der Erde nicht kennen. Wenn man mit Recht hervorgehoben hat, dass man die ganze Erdoberfläche geologisch beschreiben kann und dabei der Vulcane nicht zu gedenken braucht, ohne dadurch etwas für das Allgemeine besonders Wichtiges übersehen zu haben, so kann man von der Mondoberfläche kaum sprechen, ohne der vulcanischen Thätigkeit zu gedenken, welche dieselbe gestaltet hat, wie wir sie heute erblicken. In der That treten alle Revolutionen, welche unser Erdball mit Gewissheit durchgemacht hat, gar sehr zurück gegen diejenigen, welche sich auf der Mondoberfläche ereignet haben, und wir besitzen an letzterer ein schlagendes Beispiel, dass die individuelle Entwicklung zweier, sehr nahe verwandter Weltkörper, gänzlich verschieden sein kann.

Sehr natürlich führen derartige Betrachtungen zu der Frage, ob sich

auf der Mondoberfläche noch gegenwärtig Veränderungen ereignen? Es hat mir immer sonderbar geschienen, dass man diese Frage von einseitig astronomischem Standpunkte aus, beharrlich verneint hat. Wenn auf dem Monde dieselben Grundstoffe existiren wie auf der Erde — und hieran kann man wohl im Allgemeinen nicht zweifeln —, so darf man als feststehend annehmen, dass auch dort die anorganische Materie ähnlichen Wandlungen unterliegt, als wir hier an derselben wahrnehmen. Geht man die Annalen der wissenschaftlichen Forschung durch, so findet man eine nicht geringe Anzahl von Beobachtern, die Veränderungen auf der Mondoberfläche wollen bemerkt haben. Schon Hevel sprach die Ansicht aus, Aristarch sei ein noch thätiger Vulcan, aber Lahire bemerkte 1706, dass der Fleck, sobald er sich am Schattenrande befindet, durch Nichts vor den anderen ausgezeichnet ist. Louville behauptete am 3. Mai 1715 auf der Oberfläche des Mondes intermittirende Blitze bemerkt zu haben, und war der Ansicht, es habe daselbst ein Gewitter stattgefunden. Aber die scheinbare Ausdehnung jener Blitze, vom Ostrande des Mondes bis fast zur Mitte der Scheibe, macht es wahrscheinlich, dass es sich hier nur um ein Phänomen unserer eigenen Atmosphäre handelt, dessen genetische Deutung nicht eben schwer sein dürfte. Aehnliches gilt von dem Lichtpunkte, den Ulloa gelegentlich der Sonnenfinsterniss von 1778 wahrgenommen haben will. Im April 1787 kündigte Herschel an, dass er am 18. jenes Monats drei feuerspeiende Berge auf dem Monde in voller Thätigkeit gesehen habe. Aehnliches wurde von demselben grossen Beobachter schon am 4. Mai 1783 bemerkt. Schliesslich sah er am 22. October 1790 auf der Scheibe des total verfinsterten Mondes 150 rothe, leuchtende Punkte. Am 27. December 1857 erblickte Hart in Glasgow mit einem zehnzölligen Reflector auf dem hellen Theile der Mondscheibe zwei leuchtende Punkte von flammengelber Farbe an jeder Seite eines Bergkammes. Das Phänomen dauerte fünf Stunden und der Beobachter hält es für entschieden vulcanisch.

Man weiss gegenwärtig, dass helle Punkte, die sich im Vollmonde durch ein sehr intensives Licht auszeichnen, so besonders die Mondflecke Aristarch, Copernicus, Kepler, aus dem nämlichen Grunde, d. h. wegen ihrer starken Reflexionsfähigkeit, auch in des Mondes Nachtseite merklich hervortreten, wenn bloss der schwache Schein auf sie fällt, den die Erde ihnen zusendet. Diese seit einer Reihe von Jahren allgemein adoptirte Erklärung der Herschel'schen Mondvulcane liesse sich mittels des Zöllner'schen Photometers direct prüfen. In der That müssen die hellen Punkte bei gleicher Libration beständig die nämliche relative Helligkeit besitzen, mögen sie in directem Sonnen- oder reflectirtem Erdlichte glänzen.

Im Jahre 1774 am 25. Juli nach Mitternacht, sah C. G. Eysenhardt, zwei Stunden lang mit vier-, sieben- und zwölffüssigen Teleskopen, ein merkwürdiges Unduliren der Lichtgrenze im mare crisium, gleichsam als wenn ein helles Fluidum in den dunklen Theil des Mondes hinein- und wieder zurückfliesse.

Im Jahre 1788 am 27. August fand Schröter einen Krater in der Nähe der Wallebene Hevelius, von dem er sich fest überzeugt hielt, dass er früher hier nicht existirt habe. Im mare crisium erblickte derselbe Beobachter einen häufig als länglich erkannten Berg, gelegentlich vollkommen rund und mit einem $^3/_4$ Meile breiten Krater versehen. Das Gebilde erhielt sich so einen Monat hindurch; später gelang es dem Lilienthaler Beobachter nicht wieder, den Krater zu sehen und er schloss, dass derselbe nicht mehr vorhanden sei. Die Entstehung eines ähnlichen Kraters von $1^1/_2$ Meilen Durchmesser, will derselbe Astronom südwestlich vom Plato nach einer voraufgegangenen hellen Lichterscheinung wahrgenommen haben. Im Jahre 1787 sahen Villeneuve und Nouet bei dem Flecke Heraclides in der Nachtseite des Mondes einen hellen Punkt während 6 Min. abwechselnd an Helligkeit zu- und abnehmen. Aehnliches will auch Piazzi verschiedene Male wahrgenommen haben.

Die Beobachtung Schröter's vom 15. October 1789, wo dieser Astronom in mare imbrium mehrere Lichtfunken von sehr schneller Bewegung erblickte, wurde schon von Gruithuysen auf ein gewöhnliches Sternschnuppenphänomen gedeutet, das sich optisch auf der Mondscheibe projicirte; allein die eigenen Wahrnehmungen des letztgenannten Beobachters sind ohne alle Kritik. Beweis hierzu u. A. der wolkenartige Gegenstand, den Gruithuysen im Mersenius gesehen haben will und das angebliche Festungswerk mit Sternschanzen etc., das sich bei Mädler's Untersuchung im Berliner Refractor, als ein System von Thälern, die durch Parallelketten geschieden sind, auswies.

Lohrmann, Beer und Mädler versichern, niemals eine wirkliche Veränderung auf der Mondscheibe bemerkt zu haben. Alle Phänomene dieser Art seien nur scheinbare, hervorgerufen durch verschiedene Beleuchtung und Libration des Mondes; dann seien auch die angeblichen neuen Objecte ohne Ausnahme Minima der Sichtbarkeit, die während ganzer Lunationen überhaupt nur wenige Stunden für uns sichtbar seien, niemals habe man einen uns überhaupt gut zu Gesichte kommenden Gegenstand verändert gefunden. Diese Schlüsse, denen man in speciellen Fällen gewiss nur beipflichten muss, sind nichtsdestoweniger in der Verallgemeinerung, die man ihnen von verschiedenen Seiten gegeben hat, unhaltbar. Die Wahrscheinlichkeit sehr grosser Revolutionen auf der Mondscheibe, ist für die Gegenwart eine geringe. Die grössten Naturereignisse der Neuzeit auf unserer Erde: die Aufschüttung des Jorullo, die vulcanischen Eruptionen bei Santorin, dürften sicherlich einem Beobachter auf dem Monde entgangen sein, wenn er die nämlichen Hülfsmittel besessen, die unseren Astronomen in den betreffenden Epochen zu Gebote standen. Es ist nicht gestattet, aus Beobachtungen, die sich nur auf die allgemeine Configuration der Mondscheibe bezogen und kaum ein paar Decennien umfassen, solche allgemeine Schlüsse ziehen zu wollen, wie sie eben angeführt wurden.

Schmidt in Athen hat im October 1866 zuerst die merkwürdige

Wahrnehmung gemacht, dass der Krater Linné nicht mehr in der alten Form vorhanden war. Der Beobachter bemerkt: „Zur Zeit der Arbeiten Lohrmann's und Mädler's, 1822 bis 1832, war Linné ein mehr als 5000 Toisen breiter und sehr tiefer Krater, deutlich als solcher sichtbar, wenn er der Phase nahe, mehr oder weniger beschattet sein musste. Er war der drittgrösste im mare serenitatis, ward von Schröter und 1841 bis 1843 auch von mir gesehen und gezeichnet. Wenigstens seit dem 16. October 1866 kann die Kratergestalt des Linné zur Zeit schräger Beleuchtung durchaus nicht wahrgenommen werden. Der Athener Refractor zeigt im Innern jener Figur zuweilen einen feinen schwarzen Punkt von 300 Toisen Durchmesser. Es ist unmöglich, dass Lohrmann und Mädler den Linné als scharfen Krater zeichneten und ihn sogar als Fixpunkt erster Ordnung auswählten, wenn er damals den jetzigen Charakter gehabt hätte. Bei hoher Beleuchtung ist Linné immer als Lichtfleck sichtbar und war so gewiss seit mehr als 20 Jahren gesehen worden." Nach Bekanntwerden der Schmidt'schen Wahrnehmungen habe ich wiederholt nach dem Krater gesucht und selbst dann einen hellen Fleck wahrgenommen, wenn die nebenan liegenden Krater deutlichen Schattenwurf zeigten. Secchi sah in seinem grossen Instrumente den Linné bei günstiger Lage der Lichtgrenze deutlich als kleinen erhöhten Punkt, auch erblickte er mit Mühe einen kleinen Schatten. Der römische Astronom hält sich ebenfalls überzeugt, dass das Gebilde eine Veränderung erlitten habe. Dagegen lässt R. Wolf diese Frage noch unbestimmt und findet die Beweiskraft allein darin, dass Schmidt früher den Krater deutlicher als jetzt gesehen habe. Man sieht, es sind kaum die Grundlagen zu einer genauen Kenntniss des Mondes geliefert.

Schmidt hat sämmtliche Erklärungen, welche man von dem Factum geben kann, einer eingehenden Discussion unterzogen. Hiernach ist eine Dampf- oder Ascheneruption unwahrscheinlich, weil sonst ein Schatten der Fumarole, welche für unsern Anblick den Krater bedeckt, sichtbar sein müsse, was nicht der Fall ist. Wäre der Krater im Boden versunken, so müsste an seiner Stelle eine grössere Oeffnung vorhanden sein und ihr Schatten in der Phase sichtbar werden; wäre die Umwallung des Kraters zertrümmert, so müssten die Trümmer Schatten werfen; wäre der Krater nur bis zum Rande mit einem Eruptionsproducte angefüllt, so müsste der Wall nach Aussen Schatten werfen. Das ist die von Schröter 1790 am Centralkrater des Posidonius, von Schmidt an demselben Objecte im Februar 1849 gesehene Erscheinung. Wenn aber derartige Eruptionsproducte über den Rand des Kraters ausfliessen und den Abhang mit allmählicher Neigung ausfüllen, so hört aller Schattenwurf nach Aussen auf und es treten die Erscheinungen ein, die man in der That beim Linné betrachtet. Dieser Vorgang findet auf der Erde ein Analogon in den von Abich so genau beschriebenen Schlammvulcanen der Halbinsel Taman. Die Verbreitung der über den Rand abgeflossenen hellen Masse in der dunklen Ebene, gibt Anlass zur Entstehung von brei-

ten, kragenartigen, einem Halo ähnlichen Gebilden, und solche sind auf dem Monde, besonders in den Maren sehr häufig.

Die neuesten Beobachtungen von Schmidt scheinen anzudeuten, dass die beim Linné vor sich gehenden Revolutionen noch keineswegs beendet sind. Namentlich bei einer Beobachtung am 10. Mai 1867 zwischen 6 und 10 Uhr Abends, wo die Lichtgrenze bei abnehmender Phase schon den Calippus und Kaukasus erreicht hatte, stellte sich Linné als ein ansehnlicher, heller, schattenwerfender Hügel von 500 Toisen Durchmesser und 80 bis 90 Toisen Höhe, in einer Deutlichkeit dar, wie er seit October 1866 niemals erschienen war. Am 26. Juni 1868, als die Lichtgrenze des zunehmenden Mondes auf dem Ostrande des mare serenitatis lag, erblickte ich bei ungemein günstiger Luft die Umgebung des Linné in nie gesehener Deutlichkeit. Der Berg erschien nicht als Krater, sondern vielmehr glockenförmig in einer Weise, dass ich ihn am ehesten mit dem durch L. v. Buch's Forschungen so berühmt gewordenen Sarcoui oder dem Puy de Dôme vergleichen möchte. Linné erhob sich einsam und in ziemlicher Steilheit aus der grossen grauen Ebene. Auf seinem Gipfel war von Zeit zu Zeit ein ungemein kleiner Krater sichtbar. Nimmt man den Winkeldurchmesser desselben zu $^1/_2''$ an, so folgt daraus ein wahrer Durchmesser von etwa 430 Toisen. Das ist $^1/_9$ von dem Durchmesser des einst als „Erhebungs-Krater" beschriebenen Kraters von Palma, aber sieben mal mehr als der Durchmesser des Vesuv-Kraters. Westlich vom Fusse des Linné zeigten sich Spuren eines kleinen Hügels. —

Ganz neuerdings hat der unermüdliche Director der Sternwarte in Athen eine neue Mondregion gefunden, in welcher er das Verschwinden eines ehemaligen Kraters zu constatiren vermochte. Unter 12^0 östl. L. und 14^0 südl. selenogr. Breite befindet sich, der Mädler'schen Karte zufolge, ein Krater von einer Meile Durchmesser, in der Nähe ein anderer kleiner Krater. Letzterer ist noch vorhanden, der Erstere aber verschwunden und an seiner Stelle ein mehr als 2 Meilen breiter Lichtfleck.

Von den oben entwickelten Gesichtspunkten aus wird man die hellen Streifen erklären müssen, die bei den strahlenden Ringgebirgen im Vollmonde sehr intensiv hervortreten. Als solche, als strahlende Ringgebirge sind zu nennen: Tycho, dessen Strahlen bei günstiger Libration den vierten Theil der Mondscheibe bedecken, Anaxagoras, Aristarch, Olbers, Kepler, Copernicus, Proclus und Byrgius. Die lichten Streifen wechseln in der Breite zwischen 0,2 und 4 Meilen und ziehen in grosser Anzahl und weiter Ausdehnung über Berg und Thal, ohne durch deren Configuration ihre Richtung und Gestalt wesentlich zu ändern. Weniger hervortretende Gebilde dieser Art trifft man allenthalben in den grossen grauen Flächen an; sie laufen ohne Ausnahme von einem Ringgebirge oder wenigstens einem Krater aus. Bisweilen auch vereinigen sich mehrere solcher feinen Adern und bilden einen hellen Fleck, der übrigens keine Erhöhung oder doch nur eine so geringe ist, dass sein Schatten uns nicht sichtbar wird. Alle diese Streifensysteme sind nur im Voll-

monde genau zu sehen, wenn die Ringgebirge selbst am wenigsten deutlich oder gar nicht sichtbar sind. Sie sind also keineswegs Erhöhungen über dem Terrain und ebensowenig Vertiefungen. Mädler glaubt, dass bei Bildung der Mondoberfläche erhitzte Gasströme unter dem Boden fortstrichen und seine Reflexionsfähigkeit veränderten. Nach einer derartigen Umwandlung, behielt er die angenommene Structur auch bei späteren Umwälzungen. Diese Erklärung ist gewiss jener vorzuziehen, welche in den hellen Streifen eine Art erratischer Blöcke sieht. Dagegen lässt sich gegenwärtig nicht bestreiten, dass auch unseren Lavaströmen vergleichbare Eruptionsproducte, wenigstens zum Theil, bei Bildung jener Streifen mit betheiligt sind. Nasmyth vergleicht das Aussehen des Tycho und der von ihm divergirenden Strahlen, mit den sternartig radiirenden Sprüngen, die man häufig an Glasscheiben findet, wenn sie von einem Steine oder einer Kugel durchbohrt worden sind. Wenn aber in Wirklichkeit jene Strahlen Bodenrisse wären, so würde ihnen bei 4 Meilen Durchmesser wohl auch eine ansehnliche Tiefe zukommen, wovon aber keine Spur wahrzunehmen ist. Wir begegnen aller Wahrscheinlichkeit nach in jenen Lichtstreifen metamorphosirtem Gestein. Die Spuren von Schichtenbildung, welche Schröter und Herschel bei Arzachel, Hercules, Agrippa und einigen anderen Ringgebirgen wollen wahrgenommen haben, sind aber gewiss nur Täuschungen.

Noch eine eigenthümliche Erscheinung zeigt die Mondoberfläche, für welche wir auf der Erde kein Analogon besitzen, die sogenannten Rillen, jene schmalen, durchgängig geradlinigten Vertiefungen ohne ausgezeichnete Anfangs- oder Endpunkte, deren Länge bis zu 25 Meilen beträgt. Die beiden auffallendsten, bei Hyginus und Ariadäus entdeckte Schröter, die erste am 5. December 1788. Später fand er noch etliche, bis zum Jahre 1801 im Ganzen 11 auf. Lohrmann entdeckte zwischen 1823 und 1827 75, hierauf Mädler von 1832 bis 1841 55, und schliesslich Schmidt in den Jahren 1842 bis 1865 nicht weniger als 278; zählt man hierzu die 6 von Kinan 1847 bis 1848 aufgefundenen, so beläuft sich die Gesammtzahl derselben gegenwärtig auf 425. Doch sind hierbei viele Uebergangsformen nicht mitgezählt und ausserdem hat Schmidt seit dem Februar 1865 noch eine Anzahl neuer Rillen aufgefunden, das Detail der Beobachtungen aber noch nicht veröffentlicht. Das Vorkommen der Rillen scheint zwar an keine bestimmte selenographische Oertlichkeit gebunden zu sein, aber es ist bemerkenswerth, dass sie den eigentlichen Hochgebirgen fehlen. In den Phasen zeigen sie sich häufig als schwarze Linien, da man dann gewöhnlich den Schatten des einen Randes in der Tiefe erblickt und ein bemerklicher Wall fehlt; im Vollmonde erblickt man sie meist als feine helle Linien. Die Breite dieser Gebilde überschreitet nie 1000 Toisen, meist ist sie weit geringer. Obgleich sie im Allgemeinen allenthalben gleiche Breite besitzen, erweitern sie sich gelegentlich zu kraterartigen Gebilden; nach Mädler erscheint eine derartige Rille bisweilen als eine Reihe kleiner Krater, deren Wälle Oeffnungen aus einer Tiefe in die

andere freilassen. Derselbe Astronom hat durch eine Beobachtung am 12. März 1832 constatirt, dass die Rille des Hyginus den Wall des gleichnamigen Kraters gesprengt hat und sein Inneres mit erhöhten Rändern durchzieht. Sie ist folglich jüngern Ursprungs als der Krater.

Aus Allem geht hervor, dass wir in den Rillen nur Naturproducte vor uns haben, dass sie aber keineswegs Flüsse sein können, schon weil sie über Berg und Thal fortziehen. Die Mondbeobachter haben indess gezögert, eine Erklärung der Rillen zu geben. Nach Mädler's Ansicht gehören die Rillen zu den jüngsten Gebilden der Mondoberfläche, aber das, was dieser Beobachter im Vereine mit Beer über die Entstehung der Rillen sagt, contrastirt wegen seiner Unbestimmtheit gar sehr mit den sonstigen präcisen Darstellungen beider Selenographen.

Wenn man alles zusammenfasst, was bisher von den Rillen bekannt ist und wenn ich mir den Anblick, den einzelne derselben mir geboten, vergegenwärtige, so sehe ich in der That nicht, was der Hypothese entgegenstände, die in den Rillen einfach Risse der Mondoberfläche, entstanden theilweise durch Contraction der Massen, erblickt, wie wir in sehr viel kleineren Verhältnissen dasselbe in der heissen Jahreszeit auf der Erde sehen, wenn der Boden in Folge der Dürre auseinanderklafft. Solche Bodenspaltungen werden auf unserm Planeten auch durch Erdbeben veranlasst und es ist klar, dass auf dem Monde verticale Bodenstösse leicht ähnliche Erscheinungen in grösserm Maasse hervorbringen dürften. Dem steht keineswegs entgegen, dass einzelne Rillen Krater und Wälle gesprengt haben, dies möchte viel eher für diese Theorie sprechen. Schmidt ist der Ansicht, dass kräftigere Instrumente dereinst nachweisen werden, dass die meisten Rillen ganz oder theilweise die Form aneinandergereihter, mit einander durch Walldurchbrüche in Verbindung stehender Kraterreihen besitzen, wie die Rille *d* östlich vom Campanus, und dass diese Rillen nur als Eruptionsphänomene aufzufassen sind. Besonders schön sieht man nach Schmidt das Auftreten der Kraterform in und auf den Rillen, am Hyginus, an der Rille des Römer und in den jüngst erst entdeckten Rillen des Furnerius, Messala und Atlas. Die grosse Zahl der von Schmidt entdeckten Rillen spricht keineswegs dafür, dass diese Gebilde erst in neuester Zeit entstanden seien. Doch macht der athenische Astronom vorsichtig darauf aufmerksam, dass er am 10. Mai 1862, westlich neben Aristarch gegen 15 Rillen und eine Gruppe an einander gedrängter Krater entdeckte, von denen viele durchaus keine Minima der Sichtbarkeit waren, und die weder er selbst früher am berliner Refractor, noch Mädler gesehen hatte, obgleich sie, falls vorhanden, kaum hätten entgehen können. „Wie dem auch sein möge," sagt Schmidt, „die Umgegend des Aristarch verdient häufige und sorgsame Untersuchung, und wenn auch keine Neubildungen sollten stattgefunden haben, so sind partielle und langdauernde Bedeckungen möglich, auch wenn der Mond (im gewöhnlichen Sinne) keine Atmosphäre hat."

Schon oben wurde bemerkt, dass keine Stelle der Mondoberfläche exi-

stire, die nicht bei geeigneter Vergrösserung polyedrisch erschiene. Hierzu kommt der Umstand, dass man niemals auf unserm Satelliten Wolken oder Dünste analog denjenigen der Erde gesehen hat. Beides beweist, dass der Mond kein tropfbar flüssiges Wasser an seiner Oberfläche beherbergt.

Schon 1748 bemühte sich Tobias Mayer den Nachweis zu liefern, dass am Mondrande keine Refraction auftritt, durch Vergleichung der beiden Werthe des Mondhalbmessers, wie sie aus directer Messung und der Dauer der Fixsternbedeckungen folgen. Bessel hat Mayer's Resultate insofern bestätigt, als er auf demselben Wege zu dem Schlusse gelangte, die Dichte der Mondluft könne höchstens $\frac{1}{968}$ betragen. Dieses Resultat würde die Frage definitiv entscheiden, wenn einerseits der Mondhalbmesser ganz fehlerfrei bekannt wäre, und anderseits keine Gebirge die Oberfläche unseres Satelliten bedeckten. Der durchgängig jetzt angenommene Werth für den mittlern Winkeldurchmesser der Mondscheibe ist aus directen Messungen erhalten worden, die keineswegs frei von Irradiation sind. Demnach lässt sich auch nicht behaupten, dass er in aller Strenge richtig ist, wenn es sich um so feine Untersuchungen wie die in Rede stehenden handelt. Hûgh Breen fand im Mittel aus 194 Sternbedeckungen einen 2,1″ kleineren Werth als den allgemein angenommenen, und de la Rue hat aus seinen Photographien der Sonnenfinsterniss von 1860 gleichfalls gefunden, dass der mittlere Monddurchmesser um 2,15″ zu verkleinern sei. Aber selbst eine aus Occultations-Beobachtungen folgende Refraction kann in keinem Falle diejenige sein, welche am Boden der Mondoberfläche stattfindet, weil am Rande der Scheibe nicht sowohl der Eintritt eines Sternes hinter der mittlern Niveaulinie, sondern hinter den Spitzen der Berge beobachtet wird, die sich hier für unsern Anblick theilweise auf einander projiciren. Schröter will häufig wahrgenommen haben, dass die isolirten Berggipfel in der Nachtseite des Mondes in dem Maasse lichtschwächer erscheinen, als der Strahl zu ihnen einen längern Weg am Mondrande vorbei nehmen musste. Allein derartige Wahrnehmungen können nicht als Beweise für das Vorhandensein einer Mondluft angesehen werden; sie würden dies kaum, wenn sie durch photometrische Messungen wären unterstützt worden. Das Gleiche gilt von Schröter's Monddämmerung. Am 24. Februar 1792, 2,5 Tage nach dem Neumonde, liefen beide Hörnerspitzen mit völliger Deutlichkeit sehr fein und matt fast nicht unterbrochen ab, von der dunkeln Seite war noch nichts zu sehen. Plötzlich fing die Nachtseite des Mondes an den Hörnerspitzen, in der Erstreckung von einigen Graden an, sichtbar zu werden, und fiel, ganz wie die Dämmerung, gegen die Nachtseite allmählich ab. Von dieser letztern war noch Nichts zu sehen, sie tauchte bei abnehmendem Tageslichte erst 6 Min. später auf. Die Länge des Dämmerungsbogens war nach Schröter's Messungen 80″, die Breite 2″; er schloss, dass derselbe in der Richtung der tangirenden Sonnenstrahlen einen Bogen von 2° 34′ überspanne und dass die äusserste beleuchtete Luftschicht am Ende die-

ses Bogens 452 Meter Höhe habe. Die Beobachtungen Schröter's geschahen in einem 7füssigen Spiegelteleskope bei 74maliger Vergrösserung. Es ist leicht zu zeigen, dass die Erscheinung kein Dämmerungsphänomen war. In diesem Falle nämlich musste der mattleuchtende Bogen von 80″ Länge nicht bloss in der Verlängerung der beiden Hörner der Mondsichel sichtbar gewesen sein, sondern es hätte sich überhaupt längs des innern leuchtenden Mondrandes ein ebenso breiter Saum zeigen müssen. Denn die Dämmerung kann keineswegs an den Spitzen der Sichel allein existiren, sondern an allen Punkten der Mondoberfläche, wo die Sonne eben im Begriffe ist aufzugehen, d. h. längs des ganzen leuchtenden innern Randes. Dieser hätte, was auch Schröter dagegen einwenden mag, allmählich gegen die Nachtseite an Helligkeit abfallen müssen, wenn auch ein eigentlicher Dämmerungssaum für sich nicht sichtbar gewesen wäre. Die Ursache der anomalen Erscheinung, welche Schröter wahrgenommen, war gewiss einzig in der stärkern Reflexionsfähigkeit gewisser Theile der Mondoberfläche, dann auch in Vorgängen unserer Atmosphäre begründet. In dieser Beziehung will ich nur an eine Beobachtung von mir erinnern, bei welcher $1^1/_4$ Tag nach dem ersten Viertel ein Theil der in aschfarbenem Lichte erscheinenden Mondhälfte sichtbar war, und zwar derjenige, zwischen dem Nordpole und etwa 40^0 nördl. Br., während doch in der südlichen Mondhälfte vorwaltend Theile von stärkerer Reflexionsfähigkeit sich befinden.

Am 4. Januar 1865, als ε piscium vom Monde bedeckt wurde, beobachtete Huggins den Fixstern im Spectroskop, um sein Verhalten bei der Occultation zu studiren. Es zeigten sich keine neuen Linien; ebensowenig erbleichten einzelne Theile des Spectrums früher als andere, was auf wässerige Nebel oder grosse Dichte der Mondatmosphäre deuten würde. Das Spectrum verschwand vielmehr, gleich als wenn ein dunkler Schirm darüber hinweggezogen wäre, in 0,2 Secunde.

Einen schlagenden Beweis gegen das Vorhandensein einer an Dichte der unserigen vergleichbaren Mondatmosphäre hat man aus der tiefen Schwärze der Schatten entnommen, welche die Erhabenheiten der Oberfläche erzeugen. Dergleichen ist in einer lichtreflectirenden und lichtzerstreuenden Luftumhüllung undenkbar. Weniger entscheidend ist die Bemerkung, dass man niemals Wolken oder Trübungen einer supponirten Mondluft bemerkt hat. Denn in der That könnte diese bei geringer Dichte und gänzlicher Abwesenheit von Feuchtigkeit auf unserm Trabanten beständig klar erscheinen. Doch sei noch als Curiosum erwähnt, dass Mästlin 1605 im Monde einen ziemlich starken Regen beobachtet haben will!

Fasst man alles zusammen, was sich gegenwärtig hinsichtlich einer Mondatmosphäre sagen lässt, so darf man behaupten, dass eine solche, welche an Dichte und Constitution derjenigen der Erde vergleichbar wäre, gewiss nicht existirt; dass dagegen kein entscheidendes Moment vorliegt, jede luftartige Umhüllung zu leugnen, hingegen eine solche von sehr un-

beträchtlicher Dichte und Höhe höchst wahrscheinlich wirklich vorhanden ist.

Die Frage nach den kleinsten Gegenständen, welche auf dem Monde gegenwärtig erkannt werden können, ist schwer zu beantworten. Aus einigen beiläufigen Beobachtungen mit dem Riesenteleskop Rosse's hat sich ergeben, dass in diesem bewundernswürdigen Instrumente, bei günstigem Luftzustande noch Gegenstände der Mondoberfläche von 230 bis 260 Fuss Ausdehnung, klar erkannt werden. Schröter erklärte, bei 1000-facher Vergrösserung einen Gegenstand von 190′ Länge als Punkt, von 790′ seiner Gestalt nach erkennen zu können.

Die in viele Schriften übergegangene Behauptung Arago's: mit 1000facher Vergrösserung erblicke man den Mond so deutlich wie in der Entfernung von 50 Meilen mit dem blossen Auge, ist eine durchaus unrichtige. Wäre dies der Fall, d. h. wäre unter gleichen Verhältnissen das Sehen mit blossem Auge nicht weit weniger vorzüglich als das teleskopische, so wären alle Messungsversuche unnütz, die man auf der Mondoberfläche bei 150- bis 250fachen Vergrösserungen angestellt hat. Ich frage, wieviel Detail man mit blossem Auge bei einem Gebirge mittlerer Höhe, aus 250 Meilen Entfernung erkennen will, und ob sich Jemand unterfangen wollte, unter diesen Verhältnissen Höhenwinkel zu messen, denen er irgend einen Werth beilegen dürfte? Schon Herschel's Untersuchungen haben bewiesen, dass unter gleichen Verhältnissen das teleskopische Sehen, dem natürlichen überlegen ist. An das Erkennen etwaiger Mondbewohner ist freilich nicht im Entferntesten zu denken; aber ebenso unzweifelhaft ist es, dass Städte wie Paris und London, wären sie im Monde vorhanden, von der Erde aus gewiss erkannt würden, und sich im Verlauf eines längern Studiums, schon durch ihre nächtliche Beleuchtung, als von den Gebilden der Natur verschieden, darstellen dürften. Die angeblichen Wahrnehmungen kleiner sich fortbewegender Punkte auf der Mondscheibe, die man auf Haufen von Mondbewohnern deuten wollte, welche vereint ihres Weges zogen, sind populäre Erfindungen. —

Bezüglich seiner individuellen Weltstellung weicht der Mond gar sehr von unserer Erde ab. Die Länge seines Jahres fällt fast ganz genau mit derjenigen des unserigen zusammen, dagegen beträgt seine mittlere Tagesdauer $14^d\ 18^h\ 22^m\ 1{,}4^s$, dieselbe ist für die Mitte der uns zugewandten Hemisphäre $33^m\ 56^s$ länger, für diejenige der abgewandten um ebensoviel kürzer als dieser Werth.

Da die Jahreszeiten von dem Winkel abhängen, welchen die Rotationsaxe mit der Bahnebene bildet, so können dieselben auf dem Monde nur wenig verschieden sein und die Mittagshöhe der Sonne für einen gegebenen Horizont, ändert sich Jahr aus Jahr ein um weniger als 3 Grade. In Folge der schnellen Bewegung der Knoten der Mondbahn, ist die Dauer des längsten Tages an den Polen 179 Erdentage, und weil die Sonne nie tiefer als um die Neigung des Mondäquators, d. h. $1^0\ 29'$ unter den wahren Horizont eines der Pole sinken kann, während man schon in 1830′

Höhe um den gleichen Betrag über den wahren Horizont hinaus sieht, so ergibt sich, dass Höhen an beiden Mondpolen, welche 2000′ übersteigen, in ewigem Sonnenlichte erglänzen.

Die Verfinsterungen, welche die an und für sich dunkele Mondscheibe durch Eintritt in den Schatten der Erde erleidet, haben früh die Aufmerksamkeit der den Himmel betrachtenden Völker auf sich gezogen. Schon die Chaldäer erkannten die Finsternissperiode von 223 synodischen Monaten, die bei ihnen Saros hiess, nach Geminus war ihnen sogar die noch genauere Periode von 19 756 Tagen oder 669 synodischen Monaten bekannt. Innerhalb jener ersteren finden 70 Finsternisse statt, 41 an der Sonne und 29 am Monde. Die früheste Beobachtung einer Mondfinsterniss, von der wir, durch Hipparch, Kunde haben, ist von den Babyloniern angestellt worden. Nach Lalande trat jene Finsterniss ein am 19. März 720 v. Chr. 6 Uhr 48 Min. mittlerer par. Zeit in 171° 27′ wahrer Länge des Mondes.

Ein bemerkenswerthes Factum bei den Mondfinsternissen ist die wechselvolle Vergrösserung des theoretisch berechneten Schattenhalbmessers in der Wirklichkeit. Schon Lemonnier, Legentil und Lalande waren auf diese Vergrösserung aufmerksam geworden und Tobias Mayer gab als Regel an, den berechneten Schattenradius um soviel Secunden zu vergrössern, als er Minuten zählt; Lambert's Vergrösserungscoefficient ist $^1/_{40}$. Beide Vorschriften sind aber ebensowenig streng richtig, wie jene Lalande's der eine constante Vergrösserung von 1′ 40″ empfahl; denn diese Vergrösserung, welche durch die atmosphärische Umhüllung unserer Erde entsteht, variirt wie schon Legentil bemerkte, mit der Diaphanität dieser letztern, wofür sich keine Vorherbestimmung geben lässt. In der That hat Mädler bei verschiedenen Mondfinsternissen den Vergrösserungscoefficienten gleich $\frac{1}{65.4}$, $\frac{1}{28.3}$, $\frac{1}{54.0}$, $\frac{1}{49.8}$ gefunden, woraus $^1/_{45}$ als Mittelwerth, freilich mit starken Abweichungen im Einzelnen, resultiren würde.

Der eigentliche Halbschatten macht sich beim Eintritt des Mondes, nur durch Helligkeitsverminderung der nächsten Nähe des Kernschattens bemerkbar. Ich habe mich vergeblich bemüht, eine Intensitätsveränderung des Mondlichtes wahrzunehmen, wenn der Trabant nur den Halbschatten des Erdsphäroids durchschnitt.

Der Kernschatten zeigt sich anfangs grau mit etwas röthlichem Schimmer und die Mondflecke verschwinden. In dem Maasse, als er sich weiter über die Mondscheibe ausbreitet, nimmt er eine mehr rothe Farbe an, in welcher das Fernrohr einzelne Flecke wieder unterscheiden lässt. Wenn das Schattencentrum selbst auf die Scheibe fällt, so ist die Farbe in nächster Umgebung desselben tief schwarz mit röthlichem Schimmer, und nimmt allmählich an Helligkeit zu in dem Maasse, als man sich vom Mittelpunkte des Schattens entfernt. Die rothe Farbe des verfinsterten Mon-

des ist nicht immer von gleicher Intensität, nicht allein ist sie in dem Maasse dunkler als der Mond dem Schattencentrum näher steht, sondern unter gleichen Umständen bisweilen mehr grau, bisweilen etwas ins Rosafarbene spielend.

Der Theorie gemäss müsste der Mond, sobald er ganz in den Kernschatten eingetreten ist, verschwinden; gleichwohl findet dies nur äusserst selten statt. Nach Kepler's Beobachtungen verschwand der Mond bei den totalen Mondfinsternissen vom 9. December 1601 und 15. Juni 1620; Hevel bemerkte Gleiches am 25. April 1642, obgleich der Himmel mit funkelnden Sternen besäet war, und Aehnliches fand am 10. Juni 1816 zu London statt. Schon Kepler bemerkt, dass das Nichtverschwinden eine Folge der Brechung ist, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die irdische Atmosphäre erleiden; sie werden theilweise in den geometrischen Schattenkegel geworfen und statt der absoluten Dunkelheit erzeugt sich hier ein röthlicher Schimmer, indem alles Licht, das die untersten Schichten der Atmosphäre durchdringt, stets röthlich erscheint. Die Veränderungen der Farbe des verfinsterten Mondes erklären sich ungezwungen aus dem Luftzustande derjenigen Theile der Erde, welche die Sonnenstrahlen tangiren, wo also die Sonne im Horizonte steht. Ist hier heitere Atmosphäre, so wird die Farbe des verfinsterten Mondes ziemlich hellroth sein, ist aber die Luft dunstig und von Wolken erfüllt, so muss der Mond dunkelroth erscheinen, ja er kann ganz verschwinden. Ebenso leicht erklärt sich aus dieser Theorie die mehrfach beobachtete Thatsache, dass einzelne Theile der Mondscheibe verschieden deutlich sichtbar und gefärbt erscheinen. Helfenzrieder beobachtete 1779 sehr beträchtliche Ungleichheiten in der Krümmung des Schattens und nahm auch einige helle Streifen wahr, die sich tief in den Schatten hineinzogen. Bei einer Mondfinsterniss im Jahre 1783 will Messier sogar verschieden erhellte Theile wahrgenommen haben, welche in kreisförmiger Bewegung begriffen waren. Aus dem Obigen folgt unmittelbar, dass die Intensität der rothen Färbung um so lebhafter sein muss, je weiter sich der Mond zur Zeit der Verfinsterung vom Erdmittelpunkte entfernt befindet. Diese Folgerung ist, wie es scheint, noch wenig durch die Beobachtungen geprüft worden. W. Herschel glaubte, dass die rothe Färbung der verfinsterten Mondscheibe durch ein unserm Satelliten eigenthümliches Licht erzeugt werde. Nach seiner Berechnung hätten die Sonnenstrahlen bei der Mondfinsterniss am 22. October 1790 eine Brechung von 54′ 6″ in der Erdatmosphäre erleiden müssen, was er nicht für möglich hielt. Herschel übersah indess, dass ein eignes Licht des Mondes bei jeder Conjunction auftreten müsste, was nicht der Fall ist, wenn man nicht den secundären Schein als solches ansehen wollte; dann bewirkt auch die den Sonnenball umhüllende Corona, dass die Brechung der Strahlen in unserer Atmosphäre eine weit geringere zu sein braucht, um das in Rede stehende Phänomen zu erzeugen.

Schliesslich muss noch der sogenannten horizontalen Finsternisse

gedacht werden, deren für einen gegebenen Ort etwa fünf in 100 Jahren vorkommen können. Die Ursache derselben ist bekanntlich die Refraction unserer Atmosphäre, wie schon Cleomedes behauptete.

Kein Himmelskörper bleibt der Erde dauernd so nahe als der Mond. Es ist daher natürlich nachzuforschen, ob derselbe nicht gewisse Einflüsse auf unsern Planeten ausübt. Bei diesen Untersuchungen werde ich den angeblichen Einfluss auf den menschlichen Körper gänzlich unberücksichtigt lassen; nicht aus dem Grunde, weil die Existenz eines derartigen Einflusses aus Gründen der Wissenschaft in Abrede zu stellen sei, sondern bloss, weil keine zuverlässigen Beobachtungen in hinreichender Anzahl vorliegen, um die Frage einer Entscheidung näher zu bringen.

Unbestreitbar ist der Einfluss der Mondanziehung auf die Wasser unserer Meere. Unser Satellit ist die Hauptursache der Ebbe und Fluth, deren Erklärung in die physische Astronomie gehört.

Schon längst hat man die Frage aufgeworfen, ob nicht ähnlich wie beim Meere auch in der Atmosphäre durch die Anziehung des Mondes eine Ebbe und Fluth statt habe. Laplace hat sie verneinend beantwortet, indem er aus 4752 in Paris angestellten Beobachtungen die Grösse der atmosphärischen Mondfluth zu 0,0556 Millimeter berechnete; Bouvard fand auf demselben Wege aus 8940 Beobachtungen, die Grösse der Fluth 0,01763 Millimeter, und die späteren Untersuchungen von Eisenlohr haben ein negatives Resultat ergeben.

Sabine hat indess aus Beobachtungen auf dem Observatorium von St. Helena das Resultat abgeleitet, dass der Mond bei seinem Meridiandurchgange den Luftdruck vermehrt, wie nachstehende Tabelle zeigt:

Zeit bis zum Meridiandurchgange des Mondes	Einfluss auf den Luftdruck in pariser Linien
0 Stunden	0,041
1 „	0,039
2 „	0,032
3 „	0,018
4 „	0,014
5 „	0,004
6 „	0,000

Verschiedene Beobachtungsreihen zeigen eine Periode der Barometerschwankungen an, die mit dem synodischen Mondumlaufe zusammenfällt. In der nachstehenden Tabelle sind die Werthe für Karlsruhe, Paris und Strassburg von Eisenlohr, diejenigen für Viviers von Flaugergues (aus Beobachtungen vom 19. October 1808 bis 18. October 1828), diejenigen für London endlich von Howard (aus Beobachtungen von 1787 bis 1796) berechnet worden:

Mondphase	Barometerstand in Millimetern				
	Karlsruhe	Paris	Strassburg	Viviers	London
Neumond . . .	754,212	756,031	751,521	755,480	756,779
1. Octant . . .	754,369	755,696	751,231	755,440	
Erstes Viertel .	753,282	755,833	751,201	755,400	759,218
2. Octant . . .	752,590	755,833	750,634	754,790	
Vollmond . . .	753,363	755,995	751,642	755,300	756,424
3. Octant . . .	753,882	755,862	751,468	755,690	
Letztes Viertel	754,717	756,239	751,694	756,230	758,989
4. Octant . . .	754,410	755,969	751,226	755,500	

Nach dieser Tabelle fällt das Maximum des Barometerstandes in Karlsruhe, Paris, Strassburg und Viviers auf das letzte Mondviertel, in London auf das erste, doch sind die Beobachtungen hier nicht zahlreich genug, um gegen zufällige Einflüsse gedeckt zu sein. Liagre hat aus 1783 Beobachtungen vom 1. Januar 1833 bis zum 12. Januar 1851, einige Resultate bezüglich des Mondeinflusses auf den Luftdruck abzuleiten versucht. Hiernach ist derselbe für verschiedene Orte äusserst verschieden und durch locale Ursachen modificirt, der Art, dass eine Mondphase, welche in Brüssel ein Barometerminimum erzeugt, ein Maximum in Paris hervorbringt und umgekehrt. Der mittägige Barometerstand in Brüssel zeigt für die zweite Quadratur dort ein Minimum an. Ein Maximum im zweiten Octanten ist weniger entschieden. Ein Einfluss, der mit den Zenithdistanzen des Mondes variirt, soll nicht nachweisbar sein. Diese Schlüsse bedürfen sämmtlich noch sehr der Bestätigung. Neumayer's Untersuchungen, besonders der 43 500 stündlichen Barometerbeobachtungen in Melbourne (vom 1. März 1858 bis zum 28. Februar 1863), deuten entschieden auf eine Einwirkung des Mondes (und der Sonne). Die Unterschiede zwischen dem höchsten und niedrigsten Luftdrucke zeigen ein Maximum zur Zeit des Perigäums. Nur die Monate Mai, Juni und Juli (der Winter der Südhemisphäre) zeigen das entgegengesetzte Verhalten. Stellt man die mittleren Abweichungen für die vier bisher berechneten Stationen zusammen, so erhält man folgende Tabelle, in welcher die Abnahme der Abweichungs-Amplitude mit wachsender Breite sehr klar auftritt:

Ort	Geogr. Breite	Mittl. Abweichung, engl. Zolle
Singapore	1° 19′ n.	0,002621
St. Helena	15° 57′ s.	0,001843
Melbourne	37° 49′ s.	0,000631
Prag	50° 8′ n.	0,000396

Uebrigens macht v. Wüllersdorf-Urbair darauf aufmerksam, dass durch das Barometer sich schwerlich ein genaues Resultat bezüglich der atmosphärischen Ebbe und Fluth ergeben könne. Der Einfluss der Mondanziehung hinsichtlich der atmosphärischen Gezeiten besteht darin, dass die Schwere an der Oberfläche eine veränderliche wird. Solches kann aber das gewöhnliche Barometer ebensowenig nachweisen, wie eine gewöhnliche Wage die Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole hin. Ein Aneroid-Barometer, das durch Federung die Messung des Luftdruckes vermittelt, ist hierzu unvergleichlich besser geeignet, indem die Federung unabhängig von Aenderungen der Schwere bleibt. v. Wüllersdorf glaubt daher, dass eine Vergleichung beider Instrumente an einem und demselben Orte, deutlich das Vorhandensein einer atmosphärischen Ebbe und Fluth anzeigen dürfte.

Weit problematischer ist der Einfluss des Mondes auf die Windrichtung. Bouvard und Schübler glauben aus ihren Untersuchungen schliessen zu dürfen, dass zur Zeit des letzten Viertels Nord- und Ostwinde häufiger seien, während vom Neumonde bis zum zweiten Octanten Süd- und Westwinde mehr vorherrschten. Sind Einwirkungen des Mondes auf Barometerstand und Windrichtung in der That vorhanden, so folgt hieraus von selbst, dass eben solche bezüglich der Regenmenge und der Witterung im Allgemeinen existiren müssen. Indess sind diese, wie man von vornherein erwarten darf, sehr gering und praktisch vielleicht kaum nachweisbar. Toaldo hat, gestützt auf 14jährige Beobachtungen von Poleni, im Jahre 1770 in seiner zu Padua erschienenen Schrift „Della vera influenza degli astri“ versucht, den Einfluss des Mondes auf die Witterung nachzuweisen. Hiernach übt der Neumond den grössten Einfluss auf den Wetterwechsel aus, unter sieben Neumonden sind sechs von Aenderungen der Witterung begleitet; von den beiden Quadraturen kommen auf je drei Fälle zwei Witterungsänderungen, auf sechs Vollmonde deren fünf; im Perigäum ändert sich das Wetter unter sechs Fällen fünf mal, im Apogäum unter fünf Fällen vier mal. Bei der Unbestimmtheit dessen, was man eigentlich unter einer Witterungsänderung versteht, und weil Toaldo sich nicht bei seinen Bestimmungen auf die Phasentage allein beschränkte, sondern auch den Tag vor- und nachher heranzog, können seine Resultate nicht als entscheidend angesehen werden. Sie stehen auch mit denjenigen Resultaten im Widerspruche, die Pilgram in Wien aus Beobachtungen von 1763 bis 1787 gefunden hat und die hier folgen:

Phase	Unter 100 mal		Phase	Unter 100 mal	
	änderte sich das Wetter	blieb das Wetter constant		änderte sich das Wetter	blieb das Wetter constant
			Neumond im		
Neumond	58 mal	42 mal	Perigäum	80	20
Vollmond	63 „	37 „	Apogäum	64	36
Quadraturen	63 „	37 „	Vollmond im		
Perigäum	72 „	28 „	Perigäum	81	19
Apogäum	64 „	36 „	Apogäum	68	32

Gronau fand aus Beobachtungen von 1701 bis 1800 bezüglich des Mondeinflusses auf die Veränderlichkeit oder Nichtveränderung des Wetters:

Mondphase	Veränderung	Nichtveränderung
Neumond . .	461 mal	674 mal
Erstes Viertel	409 „	921 „
Vollmond . .	475 „	756 „
Letztes Viertel	398 „	838 „
Perigäum . .	389 „	477 „

Aehnliches fanden Horsley, Varese, Olbers und Brandes. Lichtenberg gerieth auf die Idee, Beobachtungen um jene Zeit anzustellen, wenn die Erde denjenigen Punkt im Raume einnimmt, den kurz vorher der Mond eingenommen hat, was um das letzte Mondviertel herum, besonders in der Nähe der Knoten statt hat. Doch haben diese Beobachtungen kein positives Ergebniss geliefert.

Nach Schübler dagegen ändert sich das Wetter beim Vollmond und letzten Viertel im Verhältniss von 1000 : 823, in der Erdnähe und Erdferne wie 1000 : 588; auch dies stimmt nicht mit dem Vorstehenden überein. Schübler hat ferner aus seinen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass die geringste Regenmenge zur Zeit des letzten Viertels fällt, ein Maximum dagegen im 2. Octanten statthat. Der behauptete Einfluss des Mondes auf die Regenmenge hat Mathieu de la Drôme zu seinen bekannten (und nicht eingetroffenen) Wetterprophezeiungen veranlasst. Nach seiner Angabe, gestützt auf die seit 1796 in Genf angestellten meteorologischen Beobachtungen, sollte z. B. der in den vier letzten Monaten des Jahres zwischen 8 und $9^1/_2$ Uhr Morgens eintretende Neumond weit mehr Regen bringen wie der einige Stunden früher oder spä-

ter eintretende. Dieses angebliche Gesetz stützt sich nur auf 32 Beobachtungen, 17 hiervon kommen auf den zwischen 8 bis $9^1/_2$ Uhr fallenden Neumond, 15 auf den Neumond zwischen 7 und 8 Uhr Morgens. Erstere geben im Mittel $31^5/_{17}$, letztere $17^{11}/_{15}$ Millimeter. Allein Leverrier hat nachgewiesen, dass diese Incongruenz einzig und allein durch den grossen wolkenbruchartigen Regen entstanden ist, der 1840 gegen 9 Uhr Morgens während der ersten Mondphase fiel. Lässt man dieses Jahr, wie man bei der geringen Zahl der Beobachtungen wohl thun muss, zur Seite, so ergibt sich für den Neumond zwischen 8 bis $9^1/_2$ Uhr sogar noch ein Minimum der Regenmenge und von 17 Jahren bleiben 11 unter der Mittelzahl. — Fulbrook hat die Regenmengen, welche während 200 Mondumläufen beobachtet wurden, zusammengestellt. Hiernach fielen während 500 Tagen, zwischen dem 3. bis 7. Tage der Mondperiode, bei grösster südlicher Breite 47,60 engl. Zoll Regen; während des gleichen Zeitraumes als sich der Mond nordwärts der Ekliptik befand, zwischen dem 17. und 26. Tage der Mondperiode aber fielen nur 26,42 engl. Zolle Niederschläge.

Schon im Jahre 1839 hat Kreil aus den Beobachtungen zu Mailand einen Zusammenhang zwischen den magnetischen Schwankungen und dem Mondlaufe abgeleitet, ein Resultat, das vielfach bezweifelt und erst später durch Sabine aufs Neue untersucht wurde. Dieser ausgezeichnete Physiker wies aus den magnetischen Beobachtungen zu Toronto nach, dass die Declinationsnadel unter dem Einflusse des Mondes eine tägliche Bewegung vollführt, welche durch eine Formel dargestellt werden kann, deren hauptsächlichstes Glied ist:

$$- 19{,}18'' \sin (2a + 271^0\ 21').$$

In dieser Formel bezeichnet a den Stundenwinkel des Mondes. Man erkennt aus derselben sofort, dass die täglichen Schwankungen zwei Maxima und Minima besitzen, gänzlich analog der Ebbe und Fluth des Meeres. Ein ähnlicher Einfluss des Mondes lässt sich nach Sabine in allen übrigen Elementen des Erdmagnetismus nachweisen.

Im Jahre 1864 hat Prof. Lamont die Resultate seiner Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht. Es ergibt sich hieraus ebenfalls, dass im Laufe eines Mondtages zwei Maxima und zwei Minima der Bewegung der Nadel in sehr nahe gleichen Zeitintervallen stattfinden.

In der nördlichen und südlichen Halbkugel wird die Nadel in entgegengesetzter Richtung abgelenkt und die Wirkung macht sich um so später geltend, als man sich vom Aequator entfernt. Auch die Grösse der Bewegung ist an verschiedenen Orten (gerade wie bei den Gezeiten des Oceans) verschieden. Da die Grösse der Ablenkung von der horizontalen Intensität des Magnetismus an einem gegebenen Orte abhängt, so muss man, um die ablenkenden Kräfte an verschiedenen Orten mit einander vergleichen zu können, das Product der Ablenkung in die Horizontalintensität (letztere ausgedrückt durch eine gewisse Einheit) nehmen. Lamont gibt folgende Tabelle der „magnetischen Gezeiten“:

Ort	Geogr. Breite	Ablenkung	Horizontale Intensität	Product
Kiew	51° 29′ nördl.	17,7″	3,7	65,5
Toronto. . .	43 39 „	39,7	3,5	133,9
Philadelphia	39 57 „	27,9	4,0	117,2
Peking . . .	39 54 „	9,0	6,0	54,0
St. Helena .	15 57 südl.	10,6	5,6	59,4
Capstadt . .	33 56 „	19,5	4,5	87,8
Hobarton . .	42 55 „	17,0	4,5	76,5

Auch in den Inclinations-Veränderungen zeigen sich zwei tägliche Maxima und Minima, bei entgegengesetzter Bewegungsrichtung in der nördlichen und südlichen Halbkugel. Die 19jährige Periode der erdmagnetischen Intensität, welche Hansteen zuerst entdeckte, wurde von ihm schon gleich anfangs als in gewisser Beziehung zu der Bewegung der Mondknoten stehend, dargestellt. Eine solche Beziehung scheint, wie die Folge gelehrt hat, in der That zu bestehen. Hansteen glaubt, dass durch das Schwanken der Erdaxe eine veränderte Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche hervorgebracht werde und diese eine veränderte Vertheilung der horizontalen magnetischen Intensität hervorbringe. Theoretisch wird dieser Effect nun allerdings erzeugt, aber da das Wanken der Erdaxe nur wenige Secunden beträgt, so scheint es keinen praktisch nachweisbaren Einfluss auf eine Veränderung der Wärmevertheilung ausüben zu können.

Kreil glaubt auch einen Einfluss des Mondes auf die Lufttemperatur erkannt zu haben; sie nimmt durchschnittlich im Winter in dem Maasse zu als der Mond sich dem Meridiane nähert und von da an, bis zum untern Meridiandurchgange wieder ab; im Sommer soll ein ähnlicher Einfluss stattfinden, doch weniger deutlich ausgesprochen sein.

Buys-Ballot hat aus 114jährigen Beobachtungen gefunden, dass der Mond an jedem der sieben aufeinander folgenden Tage, von denen zwei der Epoche seiner grössten nördlichen Declination vorangehen, die anderen fünf ihr aber folgen, uns 0,26° F. Wärme mehr zusendet, als an jedem der sieben gerade gegenüberstehenden Tage; ferner dass die Temperatur zwischen dem 12. und 19. Tage des Mondalters, also um den Vollmond herum durchschnittlich 0,2° höher als bei Neumond steht. Neue Arbeiten von Harrison, bei denen die Beobachtungen zu Berlin, Greenwich und Oxford benutzt wurden, ergeben ein Maximum der Temperatur der unteren Luftschichten am 6. bis 7. Tage nach dem Neumonde, ein Minimum einige Tage nach dem Vollmonde, was Buys-Ballot's Resultaten widerspricht.

Hat der Mond auf die Bewölkung einen wahrnehmbaren Einfluss? Sir John Herschel glaubt, dass auf der Mondoberfläche in Folge der 14tägigen ununterbrochenen Sonnenwirkung, eine sehr hohe Temperatur

herrsche, die zwar durch Strahlung unsere Erdoberfläche nicht erreichen könne, weil sie in den oberen Schichten des Luftmeeres absorbirt werde, aber jedenfalls auf die Wolken einen solchen Einfluss ausübe, dass sie sichtbares Gewölk in durchsichtigen Dampf verwandle. Dass der Vollmond ein Bestreben besitzt, leichtes Gewölk aufzulösen, ist eine im Volksmunde häufig citirte Thatsache.

Aus den meteorologischen Beobachtungen des Dr. B. Ellner in Bamberg von 1856 bis 1864, deren Zusendung ich der Freundlichkeit dieses sehr thätigen Beobachters verdanke, und die zum Theile absichtlich zur Ermittlung eines etwaigen Mondeinflusses auf die Bewölkung angestellt wurden, habe ich folgende Resultate gezogen. Bezeichnet man den gänzlich wolkenfreien Himmel mit 0, den ganz bedeckten mit 2, so ergeben 438 Beobachtungen den mittleren Zustand der Bewölkung für Bamberg = 1,185. Die mittlere Bewölkung zur Zeit des Neumondes ist = 1,21, des ersten Viertels = 1,09, des Vollmondes = 1,28, des letzten Viertels = 1,26. Hieraus würde sich also, gegen Herschel's grösstentheils theoretische Schlussfolgerung ergeben, dass zur Zeit des Vollmondes der Himmel am meisten bewölkt ist, am geringsten zur Zeit des ersten Viertels. Uebrigens weichen diese beiden Extreme so wenig vom Mittel ab, dass ein thatsächlicher Einfluss des Mondes auf die Bewölkung gar nicht existirt.

Nach den schönen Untersuchungen Tyndall's, werden die dunklen Wärmestrahlen vollständig vom atmosphärischen Wasserdampfe absorbirt. Wenn daher der Mond eine irgend merkliche Menge dieser Strahlen gegen die Erde entsendet, so wird sich in Folge dessen die Luft über den Wolken erwärmen, es tritt erhöhte Verdunstung, Emporsteigen und Auflösung derselben ein. Sonach liesse sich die wolkenzerstreuende Kraft des Mondlichtes theoretisch sehr wohl deuten, allein es ist dabei nicht zu übersehen, dass die Thatsache an und für sich noch keineswegs als feststehend betrachtet werden darf.

A. Perrey hat in einer, im Institut von Frankreich gelesenen Abhandlung zu zeigen versucht, dass ein Einfluss des Mondes auf Häufigkeit der Erdbeben unzweifelhaft sei. Es fallen nach seiner Zusammenstellung nämlich auf die Sycygien 1901 Erdbebentage, auf die Quadraturen 1754. Allein da der Unterschied nur 4 Procent der Gesammtzahl beträgt, so kann man ihn schwerlich als beweisend ansehen. Besässe der Mond einen Einfluss in dieser Richtung, so müsste sich derselbe weit energischer und regelmässiger bemerklich machen. Uebrigens dürfte man von vornherein weniger einen verschiedenen Einfluss des Mondes zur Zeit der Sycygien und Quadraturen, als vielmehr zur Zeit des Perigäums und des Apogäums erwarten, ein solcher aber findet nicht statt und wird auch von denjenigen von vornherein nicht erwartet werden, welche nicht mit der alten geologischen Schule der Bodenerschütterungen als Aeusserungen des heissflüssigen Erdinnern ansehen, sondern wie die neuere Geologie, sie hauptsächlich nur aus dem Zusammenbrechen unterirdischer Hohlräume ableiten.

Mars.

Mars, der erste der oberen Planeten, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen, ist auch unter allen Hauptplaneten derjenige, dessen physische Individualität uns am besten bekannt ist.

In der That hat man auf diesem Himmelskörper von der Erde aus den Wechsel der Jahreszeiten ebensowohl als die sich ändernden Diaphanitätszustände seiner Atmosphäre unzweifelhaft erkannt, und die Zeichnungen, welche man von seiner Oberflächenbeschaffenheit hat entworfen, zeigen uns die Umrisse von Continenten und Meeren, wohl bestimmt nach Graden areocentrischer Länge und Breite.

Dem blossen Auge erscheint der Planet intensiv roth und auch die ältesten Nachrichten erwähnen dieser Farbe. Die Griechen und Hebräer nannten Mars den feurigen, im Sanskrit wird er angaraka d. h. brennende Kohle, oder auch lohitânga, Rothkörper, genannt, und in der Planetenverehrung der Sipasier unter dem Namen Bahram mit rother Krone dargestellt.

Die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne ist 1,5236913 oder 30 200 000 geogr. Meilen. Die Umlaufszeit beträgt 686,9796458 Tage oder 686 Tage 23 Stunden 30 Minuten 41,4 Secunden.

Unter allen alten Planeten, mit Ausnahme des Merkur, besitzt Mars die grösste Excentricität der Bahn und sie beträgt (1800) 0,09321670 mit einer Zunahme von $(0{,}0000009001 - 0{,}0000000000107t)t$.

Sonach kann sich uns der Planet bis auf 8 Millionen Meilen nähern, aber auch bis zu 54 Millionen Meilen von uns entfernen.

Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt $1^0\ 51'\ 5{,}8''$ mit einer Abnahme von $(0{,}0218'' + 0'',0000167t)t$

Die Länge des Perihels ist $332^0\ 22'\ 53{,}5''$ mit einem tropischen Vorrücken von $(66{,}021'' + 0'',0000477t)t$.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist $48^0\ 0'\ 46{,}1''$ und rückt tropisch um $(27{,}859'' - 0'',0004659t)t$ vor.

Nach Zöllner's Messungen ist der Glanz des Planeten im Mittel $\frac{1}{6994\,000\,000}$ von jenem der Sonne und die lichtreflectirende Kraft beträgt $0{,}2672 \pm 0{,}0155$, sie ist also allen bisherigen Ansichten entgegen fast

0,5 grösser als beim Monde und wahrscheinlich selbst wie bei der Erde. Die wahre Grösse des Mars kann noch keineswegs als definitiv bestimmt angenommen werden.

Arago gab den scheinbaren Durchmesser dieses Planeten reducirt auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu 8,9″ an, aber eine genauere Discussion seiner Messungen aus den Jahren 1845 und 1847 hat zu dem Werthe von 9,57″ geführt.

Bei Gelegenheit der Marsopposition von 1862, fand Professor Kaiser in Leyden mit dem 7zölligen Refractor, unter Anwendung des Doppelbild-Mikrometers, den Aequatorealdurchmesser gleich 9,518″, den Polardurchmesser 9,437″, während Main mit dem grossen Heliometer der Oxforder Sternwarte, den Aequatorealdurchmesser zu 9,38″ bestimmte.

Hält man sich an das von Kaiser gegebene Resultat, so ergibt sich der Aequatorealdurchmesser des Mars zu 918 geogr. Meilen.

Für die Masse des Planeten nimmt Leverrier den Werth von $\frac{1}{2948110}$ der Sonnenmasse an, während andere nach Burckhardt $\frac{1}{2680337}$ dafür setzen. Die mittlere Dichte des Planeten würde hiernach bei einem Volum von 0,15 des cubischen Inhalts der Erde, 0,7 von der Dichte unsers Planeten sein.

Ueber die Abplattung des Mars haben seit den Arbeiten Bessel's und Arago's Zweifel geherrscht, die auch heute noch keineswegs ganz beseitigt sind.

Während aus der Theorie folgt, dass dieser Planet nur eine Abplattung haben kann, die für unsere Instrumente nicht mehr messbar ist, schloss Herschel aus seinen Bestimmungen im Jahre 1784, dass die Abplattung $^1/_{16}$ betrage. Schon Schröter erhob sich gegen dieses Resultat und erklärte, dass, wenn überhaupt eine Abplattung vorhanden sei, diese höchstens $^1/_{80}$ betragen könne. Aus Bessel's genauen Untersuchungen ergab sich gleichfalls das Fehlen jeder Ellipticität in der Figur des Planeten; die Discussion der Bessel'schen Messungen, die später Oudemans unternommen, hat diese Schlüsse vollkommen bestätigt, ebenso wie die Heliometermessungen, welche Winnecke in Berlin angestellt.

Nach den Messungen von Main bei Gelegenheit der Opposition von 1862, beträgt die Abplattung $^1/_{39}$, aber die Uebereinstimmung dieser Messungen ist bei weitem geringer, als bei den Bessel'schen. Auch ergeben die gleichzeitigen Beobachtungen von Kaiser nur eine Abplattung von $\frac{1}{118}$, also eine viel zu geringe, um verbürgt werden zu können.

Bestimmtere Resultate sind bis jetzt bezüglich der Rotationsdauer des Planeten erlangt worden. Schon Robert Hooke bemerkte im Februar und März 1666 die Umdrehung des Mars, doch fand erst Dominicus Cassini, dass die Dauer derselben nahe $24^h\ 40^m$ beträgt. Maraldi gab 1704 hierfür den Werth $24^h\ 39^m$ an, doch fand er bei der Opposition von 1719 wieder genau das Cassini'sche Resultat. William Herschel war der Erste, der sich gründlicher mit den Rotationselementen des Planeten befasste. Er fand für die Rotationsdauer $24^h\ 39^m\ 21^s$

und bestimmte die Neigung der Marsaxe gegen die Bahn des Planeten zu 61° 18′. Beer und Mädler haben aus ihren Beobachtungen in den Jahren 1830 und 1832 eine Umdrehungsperiode von $24^h\ 37^m\ 23{,}7^s$ abgeleitet, während vor Kurzem C. Linsser in Pulcowa aus seinen Beobachtungen im Jahre 1862, verglichen mit denjenigen von Beer uud Mädler, $24^h\ 37^m\ 22{,}9^s$ fand. Endlich hat Professor Kaiser durch Vergleichung seiner Wahrnehmungen mit denjenigen von Huygens und Herschel, die Umdrehungszeit definitiv zu $24^h\ 37^m\ 22{,}62^s$ bestimmt, ein Resultat, dessen wahrscheinlicher Fehler kaum ein paar Hundertstel der Secunde betragen mag.

Da die Bestimmungen der Rotationsdauer eines Planeten, sich ausschliesslich auf Wahrnehmung von Flecken an seiner Oberfläche gründen können, so datirt die erste Entdeckung der Marsflecke mindestens aus jener Epoche, in welcher man anfing, eine Umdrehung des Planeten zu vermuthen. In der That bemerkten schon Fontana 1636 und Zucchi 1640 einzelne dunklere Stellen auf der Marsscheibe und einige Jahre später dachte man schon an eine Umdrehung des Planeten um seine Axe.

Von diesen Marsflecken hat man zwei verschiedene Arten zu unterscheiden, solche die unveränderlich ihre ursprüngliche Gestalt behalten und solche die ihre Form und Ausdehnung meist sehr schnell ändern. Erstere gehören unzweifelhaft der festen Planetenoberfläche an, letztere sind Producte der Meteoration.

Herschel war der Erste der eine Karte des Mars in kleinem Maassstabe entwarf, nach ihm haben besonders Beer und Mädler in den Jahren 1830 bis 1839 die Lage der Marsflecke bestimmt und graphisch niedergelegt. Unter diesen findet sich ein kleiner, dunkler, 30 bis 40 Meilen im Durchmesser haltender, dessen ganzer Typus an die Ringgebirge des Mondes erinnert. Er ist in Mädler's Karte mit *d* bezeichnet, unter 270° areographischer Länge und 30° südlicher Breite. Ein inselartig sich durch 120 Längengrade fort erstreckender Fleck *p n*, wird gewöhnlich als von allen am dunkelsten erscheinend bezeichnet, obgleich nach Linsser 1862, die ganze nördliche Grenzlinie von *f h*, sowie der schlangen- oder landzungenartig gewundene Fleck *a e* vorwiegend dunkel sich darstellte.

Bei starken Vergrösserungen erscheint die dunkle Farbe keineswegs gleichförmig, sondern deutlich gesprenkelt, was sich aus der Heterogeneität der eben als Fleck sichtbar werdenden Gesammtheit der Oberflächentheile des Planeten leicht erklärt.

Einzelne Parthieen der Flecke hat man bisweilen mehr oder weniger bestimmt röthlich gesehen, obgleich trotz der rothen Färbung, welche der Planet dem unbewaffneten Auge darbietet, die einzelnen Flecke im allgemeinen schwärzlich erscheinen.

Die grünen Ränder, welche bisweilen einzelne Flecke umgeben, sind wahrscheinlich ebensowohl blosse Contrastphänomene wie die blaue Farbe,

welche den von **Nasmyth** im Herbste 1863 zuerst wahrgenommenen isolirten röthlichen Punkt umgab, den man Nasmyth-Insel genannt hat.

Nichtsdestoweniger ist es doch wahrscheinlich, dass die dunkeln Flecke continentale Massen, die umgebenden und zusammenhängenden hellen hingegen Meere sind.

Wegen der Schwäche der Begrenzungen der einzelnen Flecke, und weil ein gewisser Theil der überhaupt vorhandenen jedenfalls noch nicht entdeckt ist, bleibt es schwierig, das Oberflächenverhältniss des Festen und Flüssigen auf dem Mars festzustellen; es scheint indess, als wenn die continentalen Massen nicht $^5/_{12}$ der Gesammtoberfläche einnehmen, also fast in dem nämlichen Verhältnisse dort vorhanden sind, wie auf unserer Erde. Auch sind auf dem Mars grössere zusammenhängende Festlandmassen dem Nordpole näher als dem Südpole, was gleichfalls auf unserm Planeten der Fall ist. Dagegen scheint durchschnittlich die nördliche Hemisphäre ebensoviel Land oder Wasser zu besitzen, als die Südhalbkugel, während auf unserer Erde die südliche Halbkugel vorwiegend oceanisch ist.

Unter den veränderlichen Flecken sind vor allem die schon 1716 von **Maraldi** erwähnten, jedoch nach dem Zeugnisse dieses Beobachters schon 50 Jahre früher gesehenen weissen Flecke zu erwähnen, deren Lage so nahe mit jener der beiden Marspole übereinkommt, dass man schon früh in ihnen Analoga unserer Schnee- und Eismassen in den kalten Zonen zu sehen glaubte. Dies ist in der That der Fall; **Beer** und **Mädler** haben überzeugend nachgewiesen, dass sich die Ausdehnung jener weissen Flecke mit den Jahreszeiten auf dem Mars ändert.

Im Jahre 1830 war die Ausdehnung des Südpolflecks:

31. August	(der auf Mars dem 16. Juni entspricht)	bis	83° 37′ südl. Br.
10. September	(„ „ „ „ 23. „ „)	„	84 15 „ „
15. „	(„ „ „ „ 26. „ „)	„	86 25 „ „
2. October	(„ „ „ „ 7. Juli „)	„	86 50 „ „
5. „	(„ „ „ „ 9. „ „)	„	87 7 „ „
20. „	(„ „ „ „ 19. „ „)	„	85 59 „ „

Im Jahre 1837, während seines Winters, hatte sich der Südpolfleck so weit über die Kugel des Planeten verbreitet, dass er noch wahrgenommen werden konnte, obgleich der Pol des Mars 18 Grad jenseits des Randes lag, was auf etwa 55 Grad südlicher Breite als äusserste Grenze, und auf einen Durchmesser des Polarflecks von etwa 70 Grad führt.

Der Nordpolfleck zeigte folgende Ausdehnungen:

1837	Januar 12	(entsprechend dem 4. Mai des Mars)	74° 18′ nördl. Br.
	März 7	(„ „ 4. Juni „ „)	74 „ „
1839	Februar 26	(„ „ 17. „ „ „)	78 33 „ „
	April 1	(„ „ 4. Juli „ „)	80 48 „ „
	„ 16	(„ „ 12. „ „ „)	82 20 „ „
	Mai 1	(„ „ 20. „ „ „)	81 „ „

Die Ausdehnung des Nordpolflecks während seines Winters kam niemals derjenigen der südlichen Eiszone auch nur annähernd gleich. Die Variationen des Südpolflecks sind demzufolge nach beiden Grenzen hin beträchtlich grösser, als die des Nordpolflecks.

Die Centra der beiden weissen Polarflecke fallen nicht genau mit den Polen des Mars zusammen, auch stehen sie einander nicht gegenüber. Demnach scheinen für den Mars ebensowohl als für die Erde besondere Kältepole zu existiren, die mit den Umdrehungspolen nicht coincidiren. Schon Maraldi war auf diese excentrische Stellung durch die wahrgenommene Veränderlichkeit im Glanze der Schneezonen gekommen und Herschel bestätigte dieselbe. Beer und Mädler versuchten 1837 die Position des Mittelpunktes vom nördlichen Polarflecke genauer zu bestimmen und kamen zu dem Resultate, dass derselbe etwa 4 Grad vom wahren Nordpole abstehe. Für die Mitte des südlichen Flecks fand Linsser 1862, 70 Grad südlicher Breite und 30 Grad westlicher Länge von dem Flecke *a*.

Bei der Opposition von 1858 fand Secchi in Rom die Eiszonen des Mars in seinem grossen Instrumente von einer ungemein dicken und zusammengerollten Form. Nach diesem Beobachter haben zur Zeit, wenn einer der Pole seinen Sommer hat, die vordem weissen Regionen der Planetenkugel eine rosige Farbe angenommen, während gewisse bläuliche Streifen nicht merklich ihre Form geändert haben.

Alle diese Beobachtungen beweisen einstimmig die Existenz nicht allein von starren und flüssigen Massen auf der Oberfläche des Mars, sondern auch die Anwesenheit von Wasser, das die nämliche chemische Zusammensetzung wie unser irdisches besitzt, sowie ferner die Existenz einer atmosphärischen Umhüllung jenes Planeten die nicht bedeutend von jener unserer Erde sich unterscheiden mag.

Schon der Umstand, dass die festen Oberflächentheile des Mars nach Beer und Mädler bestimmter, gesonderter und intensiver in ihrem Sommer, formloser, bleicher und verwaschener in ihrem Winter erscheinen lässt auf verschiedene Diaphanitätszustände der Marsatmosphäre schliessen, wie sie in ähnlicher Weise auch bei der unserigen stattfinden.

Wolkenartige Gebilde können bei der verhältnissmässig grossen Entfernung des Planeten nur unter seltenen Umständen für uns sichtbar werden, und in der That hat Herschel im Verlaufe seiner Beobachtungen nur einige Male Andeutungen von dergleichen wahrnehmen können.

Am 16. October 1862 sah Linsser auf der südlichen Hemisphäre des Mars einen intensiv weissen, glänzenden Streifen, höchst wahrscheinlich atmosphärischen Ursprunges, der an Helligkeit fast den Schneezonen gleichkam.

Die Marsflecke erscheinen auf der Mitte der Planetenscheibe am deutlichsten und werden um so schwächer, je mehr sie durch die Rotation dem Rande näher geführt werden.

Dieser Umstand ganz allein schon beweist das Vorhandensein einer Dunsthülle um jenen Planeten. Er kann dereinst, wenn man die jetzt

vorhandenen photometrischen Instrumente mit grossen Fernrohren in Verbindung bringen wird, zu wichtigen Resultaten bezüglich der physikalischen Constitution, ja selbst gewisser meteorologischer Processe der Marsatmosphäre führen. Bis jetzt lässt sich über die grössere oder geringere Dichtigkeit der Lufthülle, welche den Planeten umgibt, nichts Genaueres sagen. Die auffallende Lichtschwächung, welche Dominicus Cassini und Römer bei Fixsternen wollen beobachtet haben, die dem Rande der Marsscheibe nahe kamen, und welche sie der Lichtabsorption in der hohen und dichten Lufthülle die jenen Planeten umgebe, zuschrieben, ist weder von Herschel noch von South bestätigt worden.

Aus Bessel's Messungen folgt die Neigung des Marsäquators gegen seine Bahn, oder die Schiefe seiner Ekliptik zu 27° 16′; Herschel hatte früher 28° 42′ gefunden. Sonach ist der Unterschied der Tages- und Jahreszeiten auf dem Mars nicht sehr viel von demjenigen unserer Erde verschieden. Das Sommerhalbjahr der nördlichen Hemisphäre dauert 372, das Winterhalbjahr 296,3 Marstage, für die südliche Halbkugel findet das umgekehrte Verhältniss statt. Dagegen geniesst diese letztere während ihres Sommers eine 1,4 mal bedeutendere Erleuchtung und eine ebensoviel mal bedeutendere Wärme als die nördliche Marshemisphäre, und während ihre Winter lang und kalt, sind ihre Sommer kurz und heiss. „Die bedeutende Ungleichheit (in der Erleuchtung und Erwärmung der beiden Marspole)," sagt Mädler „wird zwar, was das Jahr im Ganzen betrifft, vermöge des in den Wintern sich umkehrenden Verhältnisses völlig ausgeglichen, und selbst für die einzelnen Jahreszeiten findet eine theilweise Compensation statt; allein für die Culminationspunkte der Wärme und Kälte bleibt offenbar ein sehr bedeutender Unterschied übrig: am Südpole sind demnach heissere Sommer und kältere Winter als am Nordpole, und diese Differenz ist viel beträchtlicher als die ähnliche, bekanntlich unmerkliche, auf unserm Erdkörper, da die Excentricität des Mars fünfmal und die Neigung seiner Axe 1,24 mal grösser ist als bei der Erde."

Die so beträchtlichen Differenzen in der Ausdehnung des südlichen Polarflecks sind zum grossen Theile auch dem Umstande beizulegen, dass auf jenem Planeten die Südhalbkugel nicht vorwiegend oceanisch ist, wie auf unserer Erde. Wäre dies der Fall, so würde die Eiszone vielleicht eine noch grössere Ausdehnung besitzen, ihre Grenzen würden aber keineswegs so ungemein grossen Veränderungen unterliegen wie dies jetzt der Fall ist.

Mars besitzt keinen Mond, wenigstens keinen solchen von irgendwie planetarischem Durchmesser. D'Arrest hat die Umgebung des Planeten mit dem grossen Aequatoreal der Kopenhagener Sternwarte genau und andauernd untersucht; aus seiner Arbeit ergibt sich, dass kein Marsmond existirt, der einen Durchmesser von 2 bis 3 Meilen besitzt. Auch würde ein solcher Mond, wegen der geringen Masse seines Hauptplaneten, bei einem scheinbaren mittlern Abstande von 8,2 Bogenminuten zur Zeit der Opposition, schon eine Umlaufszeit von 27,3 Tagen besitzen.

Die Gruppe der kleinen Planeten.

Die Gruppe der kleinen Planeten, welche ohne Ausnahme zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter eingeschlossen sind, nimmt eine exclusive Stellung in unserm Planetensysteme ein, einerseits wegen der stark gegen die Ekliptik geneigten, in einander verschlungenen und sehr excentrischen Bahnen, anderseits wegen ihrer Reichhaltigkeit bei ungemein geringer Grösse und Masse der einzelnen Individuen.

Will man diese Planetoidengruppe als eine Zone räumlicher Scheidung zwischen den grossen, mondreichen, schnell rotirenden äusseren, und den dichteren, vielfach mit einander übereinstimmenden inneren Planeten betrachten, so darf man indess nicht übersehen, dass nach unseren dermaligen Kenntnissen diese trennende Zone einen grössern Durchmesser hat, als der Radius der Sphäre, die den inneren Planeten angewiesen ist. Der Raum, der zwischen dem innersten und äussersten bekannten Planetoiden, in den extremen Distanzen derselben liegt, ist dem Durchmesser der Erdbahn an Grösse gleich und übertrifft die halbe grosse Axe der Bahn des Mars um 9 Millionen Meilen. Auf diesem ungeheuren Raume bewegen sich nach unseren jetzigen Kenntnissen 107 Asteroiden, von denen der erste am 1. Januar 1801 zufällig von Piazzi entdeckt wurde, als dieser Astronom einen Druckfehler in Wollaston's Sternverzeichniss, durch Positionsbestimmung am Himmel selbst, berichtigen wollte.

Schon lange vor diesem glücklichen Zufalle hatte eine vergleichende Betrachtung der Planetenintervalle den nimmer ruhenden, speculativen Kepler auf die Idee einer planetenlosen Kluft (hiatus) zwischen Mars und Jupiter gebracht, der er einen, wahrscheinlich wegen seiner ungemeinen Kleinheit noch nicht gesehenen Wandelstern anwies.

Titius bemerkte 1772, dass der Abstand der Planeten ungefähr nach der Formel $4 + 2^{n-2} . 3$ zunehme, wenn man den Abstand des Saturn von der Sonne $= 100$ setzt. Dieses etwas prunkvoll sogenannte „Gesetz“, das auch Bode's Namen trägt, ward später von Wurm da-

durch mit der Wirklichkeit noch etwas mehr in Einklang gebracht, dass der Erdabstand = 1000 angenommen, und die mittlere Distanz der Planeten nach der Formel: $387 + 2^{n-2} . 293$ ausgedrückt wurde. Doch auch in dieser Gestalt bleiben noch bedeutende Differenzen übrig, besonders beim Neptun. Jedenfalls hat diese Progression Nichts zur Entdeckung des grossen Schwarmes kleiner Planetoiden beigetragen, wie man dies wohl bisweilen irrthümlich annehmen hört.

Die erste Nachricht von der Auffindung der Ceres verbreitete sich in Deutschland im April 1801. Man beschrieb den Planeten als Komet ohne Nebel, der bei 56 Grad Entfernung von der Opposition rechtläufig geworden. Aus dieser Bemerkung schlossen Zach und Bode sofort, dass es sich um einen Planeten zwischen Mars und Jupiter handle. Piazzi's erste Beobachtungen reichten vom 1. Januar bis zum 11. Februar 1801. Nach der Conjunction gelang die Wiederauffindung des kleinen Planeten unter Annahme der Gauss'schen Ellipse, Olbers, am 1. Januar 1802, nachdem schon v. Zach die Position des kleinen Gestirns im December 1801 notirt hatte, dasselbe aber erst einige Tage nach Olbers als die Ceres erkannte.

Es ist hier nicht der Ort näher bei den Umständen zu verweilen, mit welchen die bald erfolgenden Entdeckungen dreier neuen Planetoiden von der wissenschaftlichen Welt und dem Publicum aufgenommen wurden. Es genügt nach dem Plane des gegenwärtigen Werkes, eine chronologische Aufzählung der Planetoiden-Entdeckungen, von denen eigentlich nur die drei ersten (Ceres, Pallas, Juno) als zufällige betrachtet werden können, die übrigen waren nothwendige Folgen eines planmässigen Aufsuchens.

Nro.	Name	Zeit der Entdeckung			Entdecker	Ort der Entdeckung
1	Ceres	1801	Januar	1.	Piazzi	Palermo
2	Pallas	1802	März	28.	Olbers	Bremen
3	Juno	1804	September	1.	Harding	Lilienthal
4	Vesta	1807	März	29.	Olbers	Bremen
5	Asträa	1845	September	8.	Henke	Driesen
6	Hebe	1847	Juli	1.	Henke	„
7	Iris	„	August	13.	Hind	London
8	Flora	„	October	18.	Hind	„
9	Metis	1848	April	26.	Graham	Markree
10	Hygiea	1849	April	12.	de Gasparis	Neapel
11	Parthenope	1850	Mai	11.	„	„
12	Victoria	„	September	13.	Hind	London
13	Egeria	„	November	2.	de Gasparis	Neapel
14	Irene	1851	Mai	19.	Hind	London
15	Eunomia	„	Juli	29.	de Gasparis	Neapel
16	Psyche	1852	März	17.	„	„
17	Thetis	„	April	17.	Luther	Bilk
18	Melpomene	„	Juni	24.	Hind	London
19	Fortuna	„	August	22.	„	„
20	Massalia	„	September	19.	de Gasparis	Neapel
21	Lutetia	„	November	15.	Goldschmidt	Paris
22	Calliope	„	November	16.	Hind	London
23	Thalia	„	December	15.	„	„
24	Themis	1853	April	5.	de Gasparis	Neapel
25	Phocäa	„	„	7.	Chacornac	Marseille
26	Proserpina	„	Mai	5.	Luther	Bilk
27	Euterpe	„	November	8.	Hind	London
28	Bellona	1854	März	1.	Luther	Bilk
29	Amphitrite	„	„	1.	Marth	London
30	Urania	„	Juli	22.	Hind	„
31	Euphrosyne	„	September	2.	Ferguson	Washington
32	Pomona	„	October	26.	Goldschmidt	Paris
33	Polyhymnia	„	„	28.	Chacornac	„
34	Circe	1855	April	16.	„	„
35	Leucothea	„	April	19.	Luther	Bilk
36	Atalante	„	October	5.	Goldschmidt	Paris
37	Fides	„	„	5.	Luther	Bilk
38	Leda	1856	Januar	12.	Chacornac	Paris

Nro.	Name	Zeit der Entdeckung			Entdecker	Ort der Entdeckung
39	Lätitia	1856	Februar	8.	Chacornac	Paris
40	Harmonia	„	März	31.	Goldschmidt	„
41	Daphne	„	Mai	22.	„	„
42	Isis	„	„	23.	Pogson	Oxford
43	Ariadne	1857	April	15.	„	„
44	Nysa	„	Mai	27.	Goldschmidt	Paris
45	Eugenia	„	Juni	26.	„	„
46	Hestia	„	August	16.	Pogson	Oxford
47	Aglaja	„	September	15.	Luther	Bilk
48	Doris	„	„	19.	Goldschmidt	Paris
49	Pales	„	„	19.	„	„
50	Virginia	„	October	4.	Ferguson	Washington
51	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes
52	Europa	„	Februar	4.	Goldschmidt	Paris
53	Calypso	„	April	4.	Luther	Bilk
54	Alexandra	„	September	10.	Goldschmidt	Paris
55	Pandora	„	„	10.	Searle	Albani
56	Melete	1857	September	9.	Goldschmidt	Paris
57	Mnemosyne	1859	„	22.	Luther	Bilk
58	Concordia	1860	März	24.	„	„
59	Elpis	„	September	12.	Chacornac	Paris
60	Danae	„	„	9.	Goldschmidt	„
61	Echo	„	„	15.	Ferguson	Washington
62	Erato	„	„	14.	Förster u. Lesser	Berlin
63	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel
64	Angelina	„	März	5.	Tempel	Marseille
65	Cybele	„	„	9.	„	„
66	Maja	„	April	10.	Tuttle	Cambridge
67	Asia	„	„	17.	Pogson	Madras
68	Leto	„	„	29.	Luther	Bilk
69	Hesperia	„	„	29.	Schiaparelli	Mailand
70	Panopaea	„	Mai	5.	Goldschmidt	Paris
71	Niobe	„	August	13.	Luther	Bilk
72	Feronia	„	Mai	29.	Safford	Clinton
73	Clytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge
74	Galatea	„	August	29.	Tempel	Marseille
75	Eurydice	„	September	22.	Peters	Clinton
76	Freya	„	October	21.	D'Arrest	Copenhagen

Nr.	Name	Zeit der Entdeckung			Entdecker	Ort der Entdeckung
77	Frigga	1862	November	12.	Peters	Clinton
78	Diana	1863	März	15.	Luther	Bilk
79	Eurynome	„	September	14.	Waston	Ann Arbor
80	Sappho	1864	Mai	2.	Pogson	Madras
81	Terpsichore	„	September	30.	Tempel	Marseille
82	Alcmene	„	November	27.	Luther	Bilk
83	Beatrix	1865	April	26.	de Gasparis	Neapel
84	Clio	„	August	25.	Luther	Bilk
85	Jo	„	September	19.	Peters	Clinton
86	Semele	1866	Januar	4.	Tietjen	Berlin
87	Sylvia	„	Mai	16.	Pogson	Madras
88	Thisbe	„	Juni	15.	Peters	Clinton
89	Julia	„	August	6.	Stephan	Marseille
90	Anticpe	„	October	10.	Luther	Bilk
91	Aegina	„	November	4.	Borelli	Marseille
92	Undina	1867	Juli	7.	Peters	Clinton
93	Minerva	„	August	24.	Watson	Ann Arbor
94	Aurora	„	September	6.	„	„
95	Arethusa	„	November	23.	Luther	Bilk
96	Aegle	1868	Februar	17.	Coggia	Marseille
97	Clotho	„	„	17.	Tempel	„
98	Janthe	„	April	18.	Peters	Clinton
99	Dike	„	Mai	28.	Borelli	Marseille
100	Hekate	„	Juli	12	Watson	Ann Arbor
101	Helena	„	August	15.	„	„
102	Miriam	„	„	22.	Peters	Clinton
103	Hera	„	September	7.	Watson	Ann Arbor
104	Clymene	„	„	13.	„	„
105	Artemis	„	„	16.	„	„
106	Dione	„	October	10.	„	„
107	Camilla	„	November	17.	N. Pogson	Madras
108	Hekuba	1869	April	2.	Luther	Bilk
109	Felicitas	„	October	9.	Peters	Clinton
110	Lydia	1870	April	19.	Borelli	Marseille

Tafel der kleinen Planeten.

Nro.	Name	Logarithmus der halben grossen Axe	Excentricitätswinkel	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung	Mittlere tägliche Bewegung	Epoche m. Berl. Zeit.	Berechner
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
1	Ceres	0,4419018	4 36 24,0	148 24 16,1	80 49 42,6	10 36 29,9	770,98793	1865 Juni 2,9	Wolfers
2	Pallas	0,4424129	13 53 19,1	122 1 58,8	172 43 44,3	34 42 35,2	769,81730	1865 December 3,0	Galle
3	Juno	0,4266302	14 52 6,7	54 44 14,6	170 52 3,1	13 1 8,9	812,94520	1864 Juni 10	Hind
4	Vesta	0,3730845	5 7 22,6	250 46 23,4	103 24 36,9	7 7 51,1	978,09227	1865 März 11,5	Encke
5	Asträa	0,4111462	10 48 30,1	135 14 48,1	141 26 18,3	5 19 9,0	857,60520	1865 September 19,0	Farley
6	Hebe	0,3846130	11 42 57,4	15 15 33,7	138 39 18,4	14 46 39,9	939,91170	„ März 17,0	R. Luther
7	Iris	0,3777113	13 20 45,2	41 23 2,5	259 47 43,6	5 28 2,3	962,58616	1850 Januar 10	Brünnow
8	Flora	0,3426963	9 0 56,3	32 54 28,3	110 17 48,6	5 53 8,0	1086,33098	1848 Januar 2,0	„
9	Metis	0,3777857	7 5 2,4	71 3 52,1	68 31 35,2	5 36 0,3	962,33898	1858 Juni 30,0	Lesser
10	Hygiea	0,4984692	5 44 56,4	235 10 29,2	286 43 1,8	3 49 0,2	634,31180	1864 Februar 22,0	Zech
11	Parthenope	0,3895083	5 42 54,1	317 14 31,4	125 7 27,9	4 37 1,6	924,15366	1865 März 27,0	R. Luther
12	Victoria	0,3681389	12 38 44,9	301 39 25,0	235 34 41,7	8 23 17,7	994,83472	1851 Januar 0,0	Brünnow
13	Egeria	0,4112000	4 57 19,5	119 24 17,9	43 20 52,8	16 31 40,9	857,45722	1865 Mai 18,5	Günther
14	Irene	0,4126344	9 33 23,7	179 52 6,8	86 42 23,7	9 7 37,5	853,20824	1864 November 28,0	Bruhns
15	Eunomia	0,4222090	10 47 32,2	27 52 0,5	293 52 14,5	11 44 17,4	825,45500	1854 Januar 0,0	Schubert
16	Psyche	0,4658710	7 46 4,7	15 23 47,2	150 32 54,2	3 3 56,1	709,90590	1865 November 24,5	„
17	Thetis	0,3933441	7 22 10,3	260 19 39,0	125 22 9,2	5 36 3,8	911,99070	1864 Juli 11,0	Schönfeld
18	Melpomene	0,3609030	12 34 20,2	15 5 31,0	150 3 49,7	10 9 16,9	1020,11980	1854 Januar 0,0	Schubert
19	Fortuna	0,3876685	9 2 46,7	30 20 32,3	211 27 18,2	1 32 30,2	930,04477	1860 November 8,0	Powalky

20	Massalia	0,3818020	8 17 0,7	98 22 9,0	206 44 14,7	0 41 11,2	949,08158	1865 Februar	9,5	Günther
21	Lutetia	0,3865777	9 19 33,9	327 3 11,9	80 27 48,9	3 5 9,5	933,55542	1853 Januar	2,0	Lesser
22	Calliope	0,4637728	5 47 41,0	56 29 30,1	66 38 26,5	13 45 23,0	715,06800	1864 Januar	0,0	Oppolzer
23	Thalia	0,4196230	13 25 40,0	123 51 51,7	67 40 18,4	10 13 26,1	832,85850	1865 December	26,0	Schubert
24	Themis	0,4973523	6 42 52,9	140 8 26,5	36 12 12,6	0 48 52,1	636,76345	1864 August	20,0	Krüger
25	Phocäa	0,3803600	14 43 58,4	302 49 53,4	214 5 7,3	21 24 36,3	953,82327	1865 November	12,0	Günther
26	Proserpina	0,4242399	5 0 37,3	236 25 15,0	45 54 59,3	3 35 47,7	819,68468	1853 Juni	11,0	Hoek
27	Euterpe	0,3704820	9 59 32,9	87 35 12,9	93 47 9,3	1 35 30,2	986,92677	1864 December	31,0	Günther
28	Bellona	0,4438057	8 37 57,5	122 55 29,6	144 41 9,9	9 21 26,3	766,12228	1862 März	24,0	Bruhns
29	Amphitrite	0,4072960	4 14 21,8	57 9 52,5	356 29 45,1	6 7 47,1	869,08875	1864 November	1,0	Günther
30	Urania	0,3739200	7 16 6,3	31 28 57,9	308 9 39,2	2 6 6,9	975,27438	1865 August	18,0	„
31	Euphrosyne	0,4984915	12 43 8,8	93 46 32,5	31 31 0,4	26 27 16,4	634,26310	1865 September	19,0	Winnecke
32	Pomona	0,4127627	4 43 43,7	194 21 32,1	220 48 14,5	5 29 5,0	852,82990	1855 Januar	5,0	Lesser
33	Polyhymnia	0,4571770	19 46 47,2	342 31 2,9	342 7 19,6	1 56 18,4	731,54690	1864 December	10,0	Schubert
34	Circe	0,4291871	6 9 37,0	150 3 6,6	150 30 7,5	5 27 33,5	805,79741	1865 August	20,0	Auwers
35	Leucothea	0,4778090	12 21 49,5	201 31 37,4	201 51 39,4	8 10 47,9	681,22870	1865 Februar	7,0	Schubert
36	Atalanta	0,4386670	17 31 21,3	42 49 15,6	42 10 32,9	18 42 14,4	779,83900	1864 August	24,5	„
37	Fides	0,4218268	10 10 46,1	66 20 17,3	8 12 29,4	3 7 12,3	826,54485	1863 October	5,0	Tiele
38	Leda	0,4377740	8 56 30,7	100 51 44,3	296 27 34,9	6 58 25,3	782,25000	1856 Januar	0,0	Allé
39	Lätitia	0,4431183	6 36 58,9	2 57 50,6	157 19 44,5	10 29 23,2	767,94339	1863 December	24,0	Schjellerup
40	Harmonia	0,3555899	2 39 16,4	1 2 41,7	93 34 23,7	4 15 52,3	1039,01487	1863 Mai	12,0	Powalky
41	Daphne	0,4417978	15 34 18,1	220 58 29,4	179 1 56,8	15 59 33,6	771,45370	1863 Januar	1,0	Carl
42	Isis	0,3873968	13 2 20,6	317 59 37,5	84 31 11,3	8 34 30,0	930,91780	1860 Januar	1,0	Seeling
3	Ariadne	0,3430944	9 39 4,2	277 53 58,4	264 36 3,4	3 27 40,5	1084,83840	1864 Januar	1,0	Weiss
4	Nysa	0,3844300	8 38 48,8	111 28 36,2	131 3 3,0	3 41 43,0	940,50608	1860 Januar	28,0	Powalky
5	Eugenia	0,4348552	4 33 56,5	230 21 13,9	148 4 53,4	6 35 20,4	790,17590	1863 November	27,0	Löwy
6	Hestia	0,4024592	9 28 40,2	354 45 36,8	181 35 24,9	2 17 35,8	883,72626	1865 Januar	0,0	Karlinsky

Tafel der kleinen Planeten
(Fortsetzung).

Nro.	Name	Logarithmus der halben grossen Axe	Excentricitätswinkel	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung	Mittlere tägliche Bewegung	Epoche m. Berl. Zeit.	Berechner
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
47	Aglaja	0,4595800	7 35 15,7	314 3 45,0	4 12 34,2	5 0 8,5	725,49870	1859 Juni 17,0	Powalky
48	Doris	0,4926769	4 23 42,9	74 20 42,4	185 5 29,6	6 29 28,2	647,12954	1862 Juli 25,0	„
49	Pales	0,4889025	13 43 18,3	32 14 49,7	290 32 17,4	3 8 46,4	655,62089	1863 November 14,0	„
50	Virginia	0,4230907	16 40 22,5	9 53 21,4	173 31 59,2	2 47 48,4	822,94439	1863 Januar 18,0	„
51	Nemausa	0,3739589	3 47 38,7	174 56 8,2	175 42 59,4	9 56 55,6	975,14288	1865 Januar 17,0	Tietjen
52	Europa	0,4913564	5 49 14,3	101 56 14,8	129 57 16,0	7 24 41,0	650,08770	1858 Januar 0,0	Murmann
53	Calypso	0,4181060	11 45 4,1	92 59 47,5	144 0 0,0	5 6 36,0	837,23352	1864 August 15,5	Günther
54	Alexandra	0,4333401	11 21 24,0	295 27 8,7	314 5 8,4	11 46 41,9	794,32164	1863 November 14,0	Schultz
55	Pandora	0,4407624	8 19 19,2	11 9 47,8	10 52 9,6	7 13 49,8	774,2176	1863 October 25,0	Möller
56	Melete	0,4142876	13 43 47,5	293 36 52,9	194 27 0,3	8 1 50,5	848,35026	1864 Februar 14,0	R. Luther
57	Mnemosyne	0,4991820	5 58 9,3	53 10 3,9	200 5 29,9	15 8 13,5	632,75223	1859 October 3,4	Rogers *)
58	Concordia	0,4313011	2 24 18,9	186 59 58,8	161 16 42,0	5 1 54,6	799,93563	1860 April 23,0	Oppolzer
59	Elpis	0,4334612	6 43 39,2	18 17 10,6	170 19 59,6	8 37 14,0	793,98967	1864 Juli 31,0	„
60	Echo	0,3789586	10 38 45,2	98 31 57,9	192 1 32,6	3 34 17,8	958,44825	1865 Januar 0,0	Peters
61	Danaë	0,4747497	9 30 2,0	341 34 56,1	334 18 35,9	18 17 10,0	688,46524	1860 September 29,0	R. Luther
62	Erato	0,4954961	9 46 4,3	34 8 29,1	126 11 42,1	2 12 17,5	640,85901	1865 Mai 7,0	Schmidt
63	Ausonia	0,3792817	7 13 29,6	269 30 38,2	338 6 59,2	5 47 15,4	957,30851	„ April 17,0	Tietjen
64	Angelina	0,4282177	7 25 7,5	123 43 38,9	311 7 25,4	1 19 53,6	808,49998	1861 Mai 28,0	Oppolzer
65	Cybele	0,534092	6 54 36,4	258 20 36,9	158 53 34,8	3 28 9,8	560,87750	1861 Januar 0,0	Fritsche

*) Epoche in mittlerer Zeit von Washington.

66	Maja	0,4254598	7 41 45,5	38 13 2,8	8 13 11,6	3 2 24,6	816,23810	1861 Mai	27,0	Hall
67	Asia	0,3841214	10 39 52,8	306 4 47,7	202 41 2,9	5 59 39,1	941,59900	1867 Januar	7,0	Frischauf
68	Leto	0,444604	10 54 46,6	344 32 4,5	44 53 10,5	7 58 16,0	764,01330	„ „	0,0	Wolf
69	Hesperia	0,473004	10 0 38,3	109 6 25,4	187 1 7,5	8 29 19,2	692,63000	1861 Juni	3,0	Celoria
70	Panopäa	0,4171253	10 32 44,2	300 2 16,8	48 14 47,3	11 38 28,6	840,07601	„ Mai	28,0	Dunèr
71	Niobe	0,439351	10 9 48,7	222 18 15,0	316 22 12,2	23 19 4,2	777,99000	1864 Februar	2,0	Tietjen
72	Feronia	0,3551417	6 51 46,4	307 55 31,5	207 44 31,8	5 23 32,3	1040,62425	1865 Januar	0,0	Peters
73	Clytia	0,4259550	2 27 0,5	59 59 11,1	7 34 19,1	2 34 39,5	814,84380	1864 October	4,0	Oppolzer
74	Galatea	0,4436860	13 46 49,1	7 21 19,9	197 58 9,0	3 58 54,6	766,43900	1865 Januar	0,0	Falgel
75	Eurydice	0,4264807	17 52 22,4	334 20 56,8	359 57 6,0	5 0 2,7	813,36535	1865 December	13,0	Engelmann
76	Freia	0,5297420	10 47 17,2	92 51 5,5	213 2 12,4	2 1 51,9	569,36990	1862 October	24,5	Oppolzer
77	Frigga	0,4268241	7 48 20,4	58 10 41,8	2 8 39,0	2 27 56,2	812,40096	1865 Januar	0,0	Peters
78	Diana	0,4189045	11 46 11,6	121 54 17,6	333 59 6,5	8 38 29,4	834,92950	1863 März	9,0	Spengler
79	Eurynome	0,3879771	11 15 0,4	44 18 8,8	206 42 42,7	4 36 46,6	929,05400	1864 Januar	1,0	Tischler
80	Sappho	0,3611780	11 33 53,8	354 55 25,6	218 29 12,6	8 36 22,1	1019,15350	1864 Mai	5,0	Tietjen
81	Terpsichore	0,4562210	12 16 57,3	46 7 16,8	2 30 47,4	7 55 22,0	733,96500	1865 Januar	0,0	Asten
82	Alcmene	0,4415608	13 17 29,4	131 12 48,2	26 50 32,6	2 50 34,3	772,08550	1865 Januar	0,0	Oppolzer
83	Beatrix	0,4028880	7 58 24,5	209 49 2,9	27 38 27,7	4 45 37,0	882,42	1865 Mai	9,44075	Becker
84	Clio	0,3732474	13 39 34,8	339 11 16,4	327 21 16,7	9 22 15,6	977,54220	1865 November	13,0	Valentiner
85	Jo	0,4238772	11 0 53,1	322 32 8,9	203 52 33,4	11 53 12,8	820,71200	1866 Januar	0,0	Peters
86	Semele	0,4900690	11 49 36,5	28 39 3,9	87 55 49,6	4 47 44,6	652,98480	1866 Januar	8,0	Tietgen
87	Sylvia	0,5431620	4 39 22,6	337 21 30,0	76 23 41,3	10 51 22,0	543,58	1866 Mai	16,417	Peters
88	Thisbe	0,4408130	9 35 4,9	304 38 49,0	277 28 4,2	5 9 39,3	774,08200	1866 Juli	22,0	Tietgen
89		0,4038480	11 49 47,1	358 14 29,1	311 28 19,0	15 13 9,4	879,59	1866 August	0,0	Knorre
90	Antiope	0,4993618	11 39 2,7	294 2 27,2	71 0 23,4	2 17 25,1	632,35913	1866 October	18,0	Vogel
91	Aegina	0,4079624	5 4 27,2	74 15 34,5	11 18 25,5	2 9 24,6	867,0876	1866 December	21,0	Valentiner
92	Undina	0,5044460	5 43 56,9	223 25 18,5	102 53 43,0	9 57 37,7	621,352	1867 August	10,5	Tietjen

Gleichwie die Auffindung der ersten Planetoiden, deren Helligkeit zwischen 6,5. und 9. Grösse variirt, zur Construction von Ekliptikalkarten geführt, so leitete die abnehmende Grösse, bei zunehmender Menge jener kleinen Planeten, im Verlaufe von weniger als einem halben Jahrhunderte dahin, den Himmelskarten eine immer grössere Ausdehnung bezüglich der kleinsten Sterne, fast möchte ich sagen, eine immer grössere Tiefe, zu geben. An der Grenze, bei der man jetzt angelangt, wo die neuesten Planeten die 11. Grössenclasse nur sehr ausnahmsweise mit hellerm Glanze überschreiten, muss man gleichmässig bewundern den Fleiss und die Geschicklichkeit derer, die neue Planeten entdecken und zugleich die kleinsten Fixsterne in die Karten eintragen. Die glücklichsten Planetenentdecker wie Luther, Chacornac, Hind u. A. sind auch diejenigen, bei denen sich die durch eigene Arbeit vervollständigten, reichhaltigsten Himmelskarten befinden.

Es scheint im Allgemeinen, als wäre die Hauptmasse der Asteroiden schon entdeckt, und es bleibe nur noch eine weniger ergiebige Nachlese zwischen den kleinsten teleskopischen Fixsternen übrig. Beweis für diese Behauptung ist die Thatsache, dass bei besseren Hülfsmitteln und grösserer Zahl der Beobachter, die Menge der neu aufgefundenen Wandelsterne nicht in gleichem Maasse zu-, sondern weit eher abnimmt.

Vergleicht man die mittleren Distanzen, Excentricitäten und die Anzahl der zwischen gewissen Radienvectoren als vorhanden erkannten und bezüglich ihrer Bahnelemente genauer berechneten Planetoiden mit einander, so hat man:

mittlere Entfernung	mittlere Excentricität	Anzahl der zugezogenen Planetoiden
2,20 — 2,59	0,156	37
2,60 — 2,99	0,180	40
3,00 — 3,49	0,152	14

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich sofort, dass die überwiegend grösste Anzahl der Asteroiden innerhalb einer Distanz von 2,2 bis 3,0 von der Sonne bekannt ist, sowie ferner bezüglich der Excentricitäten, dass diese im Mittel ihren grössten Werth bei denjenigen Planetoiden behaupten, deren halbe grosse Axe zwischen 2,6 und 3,0 liegt, überhaupt wie eine specielle Untersuchung leicht zeigt, bei denjenigen Asteroiden, die nahe gleichweit von der Sonne und dem Jupiter sich befinden. Die grösseren Neigungen der Bahn sind durchgängig mit grösseren Excentricitäten vereinigt. Im Mittel haben diejenigen kleinen Planeten, deren Inclination gegen die Projectionsebene der Ekliptik 10 Grad überschreitet, eine $^1/_4$ grössere Excentricität als die übrigen.

Vergleicht man die Bahnelemente der einzelnen Asteroiden mit einander, so finden sich häufig je zwei und zwei bezüglich der grossen Axen, der Excentricitäten und der Neigungen so nahe verwandt, dass man sie als Paare betrachten darf. Von solchen habe ich folgende unterscheiden zu dürfen geglaubt:

Planetoiden	Halbe grosse Axe	Excentricität	Neigung der Bahn
Melpomene	2,296	0,200	10,2 Grad
Sappho	2,296	0,219	8,6 „
Iris	2,386	0,231	5,5 „
Metis	2,387	0,123	5,6 „
Echo	2,393	0,185	3,6 „
Ausonia	2,394	0,125	5,8 „
Asia	2,420	0,185	6,0 „
Nysa	2,423	0,150	3,7 „
Fortuna	2,442	0,157	1,6 „
Eurynome	2,444	0,195	4,6 „
Diana	2,626	0,207	8,7 „
Thalia	2,628	0,232	10,2 „
Frigga	2,674	0,136	2,3 „
Angelina	2,681	0,129	1,3 „
Pales	3,084	0,237	3,1 „
Semele	3,091	0,205	4,8 „
Themis	3,142	0,117	0,8 „
Hygiea	3,149	0,100	3,8 „

Obgleich die Elemente bedeutenden säcularen Variationen unterworfen sind, so ist doch die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Nebeneinandergruppirung von je zwei nahe gleich gestalteten Bahnen eine sehr geringe.

Von anderen Betrachtungen (über die periodisch grosse Annäherung von Ceres und Pallas) ausgehend, war schon früh der scharfsinnige Olbers auf die Vermuthung gekommen, es möchten die kleinen Planeten Fragmente eines vor Zeiten zertrümmerten grossen Wandelsternes sein. Nach dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens bleibt es unentschieden, ob wir in der Vielheit der Asteroidenwelt die Folgen eines kosmischen Ereignisses, oder das Resultat von einem uranfänglichen Gestaltungsprocesse zu erblicken haben. —

In den ersten Jahren nach Entdeckung der vier grösseren Asteroiden, glaubte man bedeutende periodische Lichtänderungen derselben wahrzunehmen, die von Olbers und Schröter theils durch eine unregelmässige Gestalt, theils durch veränderliche Atmosphäre und Lichtentbindung jener

Weltkörper erklärt wurden. Diese heute vielfach als irrig angenommenen Beobachtungen verdienen neue und genauere Untersuchung. Nach den Wahrnehmungen, welche Fergusson im März 1851 an der Victoria, Goldschmidt 1863 an dem Planteoiden Pales gemacht, scheinen diese beiden thatsächliche Schwankungen im Lichtglanze darzubieten, die bei dem letztgenannten Gestirne nach Goldschmidt auf eine vierundzwanzigstündige Rotation deuten würden.

Die Farbe der Asteroiden ist nicht allenthalben gleich, Vesta scheint etwas bläulich, Ceres und Flora sollen bisweilen röthlich schimmern.

Keiner der Planetoiden zeigt eine deutliche Scheibenform, vergleichbar den Jupitersmonden. Schröter glaubte zwar bei der Pallas auf einen Durchmesser von 380 Meilen schliessen zu müssen, allein die gleichzeitigen Schätzungen Herschel's geben nur 22, Lamont's spätere Messungen 145 Meilen. Den Durchmesser der Ceres bestimmte Schröter zu 3,48″ = 352 Meilen; dagegen fand ihn Herschel 0,351″ = 35 Meilen, doch glaubt der berühmte Beobachter, dass den Planeten eine Atmosphäre umhülle, die seinen Durchmesser 4 bis 5 mal übertreffe. Mädler's Messungsversuche im Dorpater Refractor geben der Vesta einen Durchmesser von 66 Meilen. Es ist unzweifelhaft, dass die Wirkung der Irradiation die genaue Bestimmung der kleinen Winkeldurchmesser mehr als problematisch macht. Ein vergleichungsweise sichrerer Weg zur Kenntniss der wahren Grössen der Asteroiden zu gelangen, bietet sich in gewissen optischen Verhältnissen, welche die Photometrie des Himmels näher entwickelt. Unter Voraussetzung, dass das Reflexionsvermögen der Planetoiden im Mittel jenem der alten Planeten gleich sei, finde ich aus meinen photometrischen Untersuchungen folgende Formel zur Bestimmung der Asteroiden-Durchmesser:

$$\log d = \{2{,}2566\} + \log a + \log (a - 1) - \{0{,}1742\}\, n$$

wo die in { } eingeschlossenen Zahlen Logarithmen sind und *d* den Durchmesser, *a* die halbe grosse Axe der Bahn und *n* die mittlere Oppositionshelligkeit des betreffenden kleinen Planeten bezeichnet. Nach dieser Formel sind die Durchmesser in der folgenden Tafel abgeleitet worden.

Mittlere Oppositionshelligkeiten und wahre Durchmesser der kleinen Planeten.

Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser	Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser
1	Ceres	7,4 Grösse	46,2 geogr. Meilen	34	Circe	11,5 Grösse	8,1 geogr. Meilen
2	Pallas	8,0 „	35,8 „	35	Leucothea	12,1 „	8,5 „
3	Juno	8,5 „	26,7 „	36	Atalanta	12,9 „	4,9 „
4	Vesta	6,5 „	42,9 „	37	Fides	10,7 „	10,7 „
5	Asträa	10,0 „	13,3 „	38	Leda	10,9 „	10,8 „
6	Hebe	8,4 „	21,4 „	39	Lätitia	8,6 „	28,3 „
7	Iris	8,3 „	19,4 „	40	Harmonia	9,1 „	13,5 „
8	Flora	8,8 „	14,0 „	41	Daphne	10,2 „	14,7 „
9	Metis	8,9 „	16,8 „	42	Isis	10,9 „	8,0 „
10	Hygiea	9,5 „	27,1 „	43	Ariadne	10,0 „	8,7 „
11	Parthenope	9,4 „	14,8 „	44	Nysa	10,7 „	8,5 „
12	Victoria	10,0 „	10,2 „	45	Eugenia	11,6 „	8,0 „
13	Egeria	9,5 „	16,3 „	46	Hestia	10,5 „	6,9 „
14	Irene	9,6 „	15,7 „	47	Aglaja	11,4 „	10,1 „
15	Eunomia	8,5 „	26,0 „	48	Doris	11,4 „	12,2 „
16	Psyche	9,5 „	14,2 „	49	Pales	10,8 „	15,3 „
17	Thetis	10,6 „	9,4 „	50	Virginia	12,4 „	5,5 „
18	Melpomene	9,5 „	11,9 „	51	Nemausa	10,4 „	9,0 „
19	Fortuna	9,5 „	14,1 „	52	Europa	10,5 „	17,4 „
20	Massalia	9,1 „	15,9 „	53	Calypso	11,5 „	7,6 „
21	Lutetia	10,8 „	6,6 „	54	Alexandra	11,0 „	10,2 „
22	Calliope	10,4 „	15,4 „	55	Pandora	10,9 „	11,1 „
23	Thalia	10,5 „	11,4 „	56	Melete	11,5 „	7,4 „
24	Themis	12,0 „	9,9 „	57	Mnemosyne	10,5 „	18,2 „
25	Phocäa	10,5 „	8,9 „	58	Concordia	11,5 „	8,2 „
26	Proserpina	10,8 „	10,5 „	59	Elpis	11,5 „	8,3 „
27	Euterpe	10,2 „	9,6 „	60	Danaë	11,0 „	7,3 „
28	Bellona	10,5 „	13,2 „	61	Echo	11,7 „	9,8 „
29	Amphitrite	9,1 „	18,7 „	62	Erato	11,8 „	10,6 „
30	Urania	9,7 „	11,9 „	63	Ausonia	10,0 „	10,9 „
31	Euphrosyne	11,3 „	13,2 „	64	Angelina	10,0 „	14,7 „
32	Pomona	10,8 „	9,8 „	65	Cybele	11,5 „	14,8 „
33	Polyhymnia	11,3 „	10,4 „	66	Maja	12,7 „	4,9 „

Mittlere Oppositionshelligkeiten und wahre Durchmesser der kleinen Planeten.

(Fortsetzung.)

Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser	Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser
			geogr.				geogr.
67	Asia	10,8 Grösse	8,2 Meilen	80	Sappho	12,0 Grösse	4,4 Meilen
68	Leto	10,3 „	14,4 „	81	Terpsichore	12,5 „	9,8 „
69	Hesperia	12,0 „	8,6 „	82	Alcmene	12,5 „	9,5 „
70	Panopea	11,0 „	9,2 „	83	Beatrix	11,5 „	8,3 „
71	Niobe	10,5 „	8,1 „	84	Clio	12,5 „	3,9 „
72	Feronia	11,0 „	6,3 „	85	Io	11,5 „	9,8 „
73	Clytia	12,0 „	6,5 „	86	Semele	12,5 „	16,0 „
74	Galatea	11,0 „	10,8 „	87	Sylvia		
75	Eurydice	11,0 „	10,0 „	88	Thisbe		
76	Freia	12,0 „	11,8 „	89			
77	Frigga	12,0 „	6,5 „	90	Antiope		
78	Diana	11,5 „	7,6 „	91	Aegina		
79	Eurynome	11,0 „	7,7 „	92	Undina		

Diese Methode der Berechnung der Planetoidendurchmesser verdient gewiss vor derjenigen, welche Stone anwendet, den Vorzug, indem letztere von den wenig sicheren und sehr disharmonirenden directen Messungen Herschel's und Lamont's ausgeht, die oben in ihren Resultaten mitgetheilt wurden.

Leverrier hat früher aus den Bewegungen des Mars-Perihels geschlossen, dass die Gesammtmasse der Planetoiden zwischen den Radienvectoren 2,20 — 3,16, nicht $^1/_3$ der Erdmasse übersteigen könne. Dieser Schluss ist indess heute nicht mehr gültig, da durch die seitdem grösser gefundene Sonnenparallaxe, die Consequenzen Leverrier's ihre Grundlage verlieren. Von der Gesammtmasse der Planetoiden weiss man gegenwärtig nur, dass sie sich durch Geringfügigkeit jeder Wahrnehmung in den seitherigen Beobachtungen entzieht.

J u p i t e r.

Jupiter, der Osiris der Egypter, den die Griechen bisweilen Φαέθων, und die Indier aus nicht bekannten Gründen *Brihaspati* (Herr des Wachsens) nannten, ist nächst dem Centralgestirn der massigste Körper in unserm Planetensysteme. Sein mittlerer Abstand von der Sonne beträgt 5,2027980 und seine siderische Umlaufszeit $4332^d,584821$ oder 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Minuten 8,5 Secunden.

Die Excentricität der Bahn beträgt (1860) 0,0481594 mit einer Zunahme von $(0,0000012993 - 0,0000000000236t)t$. Die Länge des Perihels ist $11^0\ 7'\ 37,72''$ mit einer tropischen Zunahme von $(56'',615 + 0'',0002892t)t$. Die Länge des aufsteigenden Knotens beträgt $98^0\ 26''\ 34,1''$ und nimmt tropisch um $(36'',557 + 0'',0007159t)t$ zu. Die Neigung der Jupitersbahn gegen die Ekliptik ist $1^0\ 18'\ 52,6''$ mit einer Abnahme von $(0'',2015 + 0'',00001401t)t$.

Der mittlere scheinbare Aequatorealdurchmesser des Jupiter beträgt nach Arago's Messungen (in den Jahren 1832 bis 1845) 38,01″, der Polardurchmesser 35,79″, die Abplattung also $\frac{1}{17.1}$. Diesen Winkelgrössen entsprechen lineare Dimensionen von resp. 19060 und 17950 geographischen Meilen.

Nach Mädler's Messungen sind dagegen die scheinbaren Durchmesser Jupiters in der Entfernung 5,2 gleich 38,4″ und 35,9″, die Abplattung also $\frac{1}{15.4}$.

Jupiter hat 1289 mal mehr Volum als die Erde und da seine Masse nach Bessel's genauen Bestimmungen $\frac{1}{1047.9}$ der Sonnenmasse ist, so folgt seine Dichtigkeit zu 0,24. Die Fallhöhe auf der Oberfläche des Jupiter beträgt in der ersten Secunde 33,3 pariser Fuss unter dem Aequator des Planeten.

Jupiter glänzt in nicht scintillirendem, gelblichem Lichte, dessen mittlere Intensität nach Zöllner's Messungen $\frac{1}{5472\,000\,000}$ des Sonnenlichtes beträgt.

Galilei behauptet bemerkt zu haben, dass das Licht des Jupiter bei der Opposition dieses Planeten intensiv genug sei, Schatten zu erzeugen.

Nach den Untersuchungen von Moll scheint Torricelli der Erste gewesen zu sein, der auf der Jupitersscheibe Streifen wahrgenommen hat.

Diese Beobachtungen wurden nach dem Zeugnisse von Riccioli später, am 17. Mai 1630, von Zucchi in Rom so weit bestätigt, dass auch dieser Beobachter Streifen erblickte, die noch 1633 vorhanden waren. Im Jahre 1647 waren sie indess verschwunden, denn Hevel sah damals wohl dunkle Flecke, aber keine Spur von Streifen. Nach Cassini sollen diejenigen Streifen, welche dieser berühmte Astronom 1691 beobachtete, schon seit 40 Jahren bestanden haben.

Man hat zweierlei Arten von Streifen auf der Jupitersscheibe zu unterscheiden. Die einen entstehen und vergehen wieder in wenigen Tagen und selbst Stunden, sie erstrecken sich auch nicht über die ganze Scheibe. Die grösseren Streifen hingegen, welche eine oft Jahre lange Dauer besitzen, treten vor jenen eben genannten entschiedener hervor; zwar reichen auch sie keineswegs bis zu den Rändern der Planetenscheibe, allein diese Erscheinung erklärt sich nach denselben optischen und photometrischen Gesetzen, deren bereits oben bei einem analogen Phänomen auf der Marsscheibe gedacht wurde.

Die Anzahl der unter sich parallelen dunkeln Streifen ist verschieden. Durchgängig sind zwei Hauptbanden vorhanden. In der ersten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts war im Allgemeinen nach Arago's Messungen der südliche Streifen der breitere. Seine Breite betrug im Mittel 0,156 vom Durchmesser des Planeten, während jene des nördlichen nur 0,121 ausmachte, was einem wahren Unterschiede der Breite von 700 Meilen entspricht.

Aus den Messungen Arago's scheint ferner hervorzugehen, dass die Lage der Streifen gegen den Aequator des Jupiter periodischen Aenderungen unterliegt.

Nach Mädler's Beobachtungen nahm der nördliche Streifen, nachdem er im November 1834 von gleicher Intensität wie der südliche gewesen war, im folgenden Monate auffallend an Deutlichkeit ab, und während der südliche an Bestimmtheit und Schwärze zugenommen, verschwand der andere im Februar 1835 fast gänzlich. Dagegen theilte sich im Winter 1835 bis 1836 der südliche Streifen, so dass nunmehr Jupiter wieder zwei Streifen und eine schmale Mittelzone besass.

Cassini sah am 16. December 1690 neben den beiden Hauptstreifen noch zwei nördlicher und zwei südlicher liegende, sämmtlich einander parallel laufende Streifen. Neuere Beobachter bestätigen, dass bisweilen ein grosser Theil der Jupiterscheibe von parallelen Streifen bedeckt ist, und überhaupt in jeder Breite auf diesem Planeten Streifenbildung eintreten kann.

Im Jahre 1835 fanden Beer und Mädler, dass der südliche Streifen eine kleine Neigung von 49,5′ gegen den Jupiteräquator besitze und Chacornac will ein ähnliches Resultat erhalten haben, doch ist diese Neigung immerhin so gering, dass man sie vorläufig als in den Beobachtungsfehlern liegend ansehen darf.

Wie bereits bemerkt, sind die beiden Hauptstreifen durch eine hellere Zone von einander geschieden, und Arago fand am 13. und 14. Juni 1814, dass in einem ziemlich grossen Raume an den Polen des Planeten das von dort reflectirte Licht wenigstens zwei Mal schwächer erscheint, als das aus der Aequatorealzone kommende. Wenn die Streifen keineswegs überall von gleicher Intensität erscheinen, wenn sie vielmehr knotenartige Verdichtungen, hellere und dunklere Parthieen zeigen, so muss man doch wohl von diesen unterscheiden die eigentlichen Flecke, die zuerst von Cassini im Jahre 1665 wahrgenommen wurden. Sie stehen innerhalb der Streifen und sind veränderlich wie diese, doch hängt ihre Ab- und Zunahme nicht direct mit derjenigen der minder dunkeln Streifen zusammen. Dies folgt aus Beobachtungen, bei welchen im Verlaufe einer längern oder kürzern Zeit die Streifen verschwanden und gleichwohl einzelne Flecke ununterbrochen fortdauerten. Diese gehören keineswegs der fixen Oberfläche des Planeten an, solches beweist nicht allein die Veränderlichkeit ihrer Form, sondern bei weitem einwurfsfreier die Veränderlichkeit ihres gegenseitigen Abstandes.

Nach Schwabe erscheinen die Jupiterflecke bisweilen unter günstigen Umständen, kleinen Kernflecken der Sonne ähnlich, und Humboldt hat, hierauf fussend, die Vermuthung ausgesprochen, dass in solchen Fällen der Kern vielleicht ein Theil der Oberfläche des Planeten sein könne. Doch ist diese Hypothese ganz unbegründet und, als Verpflanzung der Trichterhypothese in die Jupiterswelt, um so mehr zu verwerfen.

Schon Cassini fand aus seinen ersten Beobachtungen der Flecke eine Rotation des Jupiter von $9^h\ 56^m$, doch ergaben seine weiteren Untersuchungen im Jahre 1690 die Umdrehungszeit zu $9^h\ 51^m$; neue Arbeiten 1692, lieferten sogar den noch geringeren Werth von $9^h\ 50^m$. Diese Incongruenzen führten schon damals auf die Vermuthung, dass die beobachteten Flecke eine eigene Bewegung auf der Jupitersscheibe hätten, ähnlich vom Winde getriebenen Wolken unserer Atmosphäre. Herschel gab gleichzeitig mit der Bestätigung der Cassini'schen Wahrnehmungen zuerst genauere Resultate. Seine Beobachtungen vom Jahre 1778 ergaben die Rotation zwischen $9^h\ 55^m\ 40^s$ und $9^h\ 54^m\ 53^s$; ein heller Fleck in der Nähe des Aequators lieferte im folgenden Jahre Werthe, welche zwischen $9^h\ 50^m\ 48^s$ und $9^h\ 51^m\ 45^s$ schwankten.

Aus diesen Wahrnehmungen ergab sich, dass die dunkeln Flecke bisweilen eine eigene Bewegung von 250′ in der Secunde besitzen; ähnliche Beobachtungen Schröter's lieferten Bewegungen von 17′ und 348′. Später glaubte der letztgenannte Astronom aus einigen Wahrnehmungen gar auf Eigenbewegungen der Jupitersflecke von 10 000′ in der Secunde schliessen zu dürfen, Geschwindigkeiten, die nicht allein unsere heftigsten Stürme weit hinter sich zurücklassen, sondern selbst den Schall acht bis neun mal übertreffen würden. Doch haben sich derartige Schlüsse in sämmtlichen nachfolgenden Beobachtungen nicht bestätigt.

Am 4. November 1834 begannen Beer und Mädler eine Reihe von Beobachtungen der Jupiterflecke, hauptsächlich zur Ableitung einer genauen Rotationsperiode, die sie bis zum 19. April 1835 fortsetzten. Zwei Flecke, die im nördlichen Hauptstreifen des Planeten jovicentrisch etwa 24 Grad von einander entfernt standen und eine jovigraphische Breite von + 5 Grad hatten, ergaben keine gleichförmige Rotationsperiode. Die Beobachter schlossen hieraus mit Recht, dass sie keine Oberflächentheile Jupiters, sondern allem Anscheine nach atmosphärische Producte, Analoga unserer Wolken wahrgenommen. Ihre verhältnissmässige Grösse, Intensität und Constanz unterscheidet sie allerdings wesentlich von den Erdwolken. Als definitives Resultat nehmen beide Astronomen denjenigen Rotationswerth an, der aus den Beobachtungen vom 9. Februar bis zum 10. April folgte, während welcher Zeit beide Flecke eine fast gänzlich übereinstimmende Rotation ergaben und keinen merklichen eigenen Bewegungsunterschied zeigten. Diese Umdrehungsperiode beträgt $9^h 55^m 26{,}5324''$ mit einer Unsicherheit von $0{,}1733''$. Die Beobachtungen vor dem 9. Februar ergaben für beide Flecke eine Aenderung der gegenseitigen Entfernung, doch bleibt diese eigene Bewegung, von 16 bis 21 Meilen täglich, noch weit hinter der Schnelligkeit eines gewöhnlichen Windes auf unserer Erde zurück.

Nahe um die nämliche Zeit hat auch Airy in Greenwich den Jupiter behufs der Rotationsbestimmung verfolgt und als Umdrehungsperiode erhalten $9^h 55^m 24{,}2^s$.

Die neuesten Untersuchungen über diesen Gegenstand hat J. Schmidt in Athen angestellt. Ein im Mai 1862 in der nördlichen Hemisphäre Jupiters bei etwa 30° jovicentrischer Breite gesehener dunkler Fleck, lieferte als mittlere Rotationszeit zwischen dem 15. Mai und 4. Juli: $9^h 55^m 28{,}7^s$. Ein heller Fleck, den derselbe Astronom im Jahre 1852 im südlichen Streifen beobachtete, gab als Rotationsdauer $9^h 52^m 33^s$, ein Resultat das zu dem Schlusse führt, jene helle Wolke habe sich in der Richtung der Rotation mit einer Geschwindigkeit von 28 Meilen in der Stunde bewegt, was freilich die Schnelligkeit unserer wüthendsten Orkane weit übertrifft.

Wie dem aber auch immer sein möge, so steht jedenfalls fest, dass wir in den Flecken am wahrscheinlichsten Analoga unserer Wolken anzunehmen haben. Schwieriger bleibt es, Vermuthungen zu wagen über das, was uns unter allen Breiten Jupiters in Streifen gesondert erscheint. Cassini glaubte, dass die dunkeln Streifen der Oberfläche des Planeten anhafteten und einer besondern Materie angehörten, die das Licht weniger reflectire als die übrigen Regionen des Planeten. W. Herschel gab eine ähnliche Erklärung. Nach ihm sind die hellen Theile der Scheibe Wolkengebilde, die dunkeln Oberflächen Theile der Jupiterskugel, die das Licht weniger stark reflectiren. Auch glaubte der berühmte Astronom an das Vorhandensein von Luftströmungen in den Aequatorealgegenden Jupiters, analog unseren Passatwinden, eine Ansicht, die bereits vor ihm von Fon-

tenelle ausgesprochen wurde. Humboldt citirt im 3. Bande des Kosmos Arago's Ansicht über diesen Gegenstand. „Die Erscheinungen," sagt der französische Physiker, „erklären sich am leichtesten, wenn man eine durch Wolkenschichten theilweise verdichtete Atmosphäre annimmt, in welcher jedoch die über dem Aequator ruhende Region, wahrscheinlich als Folge der Passatwinde, dunstleer und diaphan ist. Weil die Wolkenoberfläche ein intensiveres Licht reflectirt als die Oberfläche des Planeten, so muss der Theil des Bodens, welchen wir durch die heitere Luft sehen, minderes Licht haben, als die vieles Licht zurückhaltenden Wolkenschichten. Deshalb wechseln graue und helle Streifen mit einander; die ersteren erscheinen, wenn unter kleinen Winkeln die Gesichtslinie des Beobachters schief gegen den Rand des Jupiter gerichtet ist, durch eine grössere dickere Masse und mehr Licht reflectirende Wolkenschichten gesehen, um so weniger dunkel gefärbt, als sie sich vom Centrum des Planeten entfernen." Diese Erklärung Arago's ist übrigens in ihrem ersten Theile unrichtig. Wenn in der That die Wolkenoberfläche das Licht intensiver reflectirt, also heller erscheint, so besteht der äquatoriale Gürtel des Jupiter aus Wolkenansammlungen, ebenso der grössere Theil der Scheibe beiderseits zwischen den dunkeln Hauptstreifen und den Polen. Dunstleer und diaphan ist die Atmosphäre nur da, wo wir die dunkeln Streifen erblicken. Arago widerspricht sich demnach, wenn er von einer über dem Aequator ruhenden dunstleeren und diaphanen Region spricht. Gerade die äquatoreale Gegend ist die hellere und die beiden diaphanen Regionen liegen nördlich und südlich davon. Der Vergleich mit unserer Erde führt darauf, in jener helleren, äquatorealen Zone das Analogon unserer Calmenregion zu sehen. Die nördlich und südlich hiervon erscheinenden beiden grauen Streifen würden dann jene die Calmenzone begrenzenden Gegenden sein, in denen auch auf unserer Erde als Wirkung der Passatwinde die Atmosphäre diaphan und wenig bewölkt erscheint.

Wenn man die grauen Streifen als Theile der wahren Oberfläche des Jupiter betrachtet und diese Annahme den Beobachtungen Genüge leistet, so bleiben dagegen die schwarzen Flecke unerklärt, wenigstens kann man bezüglich derselben nur entfernte Vermuthungen aussprechen. Der Oberfläche des Planeten können sie nicht direct angehören, dem widerstreitet, wie bereits bemerkt, ihre eigene Bewegung, und nicht minder ihre Dunkelheit. Will man annehmen, die grauen Streifen seien Regionen der Jupitersscheibe, über denen nur ein dünner Wolkenschleier schwebe, die Flecke aber solche, die ganz von Wolken entblösst wären, so führt dies direct zu dem Schlusse, dass nicht allein die Jupitersmonde, sondern auch Saturn, Uranus und Neptun mit ihren Monden gänzlich von einer dichten, sehr stark das Licht reflectirenden Wolkenschicht bedeckt sind, oder aber, dass sie an und für sich aus einem Stoffe bestehen, der ungleich intensiver das Licht reflectirt als die wahre Jupitersoberfläche. Vorläufig kann man dabei stehen bleiben, in den Flecken, wie bereits oben nach Beer und Mädler angeführt wurde, Analoga unserer Wolken zu sehen. Andererseits erscheinen aber bisweilen wolkenartige Producte

auf der Jupitersscheibe heller als die Grundfläche des Planeten; man müsste sonach zwei besondere Arten von Wolken auf jenem Planeten annehmen, von denen die eine das Licht stark reflectirt, die andere aber, in Flocken geballt, ungemein das Licht absorbirt. Die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes kann nicht dringend genug allen Beobachtern empfohlen werden.

Neuerdings hat Browning darauf aufmerksam gemacht, dass nach seinen Beobachtungen auf der Oberfläche des Jupiter in der jüngsten Zeit eine sehr beträchtliche Veränderung vor sich gegangen sei. Der früher graue Streifen in der Nähe des Aequators sei jetzt tiefgelb und gleiche galvanisch niedergeschlagenem Golde. Die Pole sollen nach Browning gegenwärtig blau erscheinen und die ihnen nächsten Streifen eine analoge aber dunklere Färbung zeigen, während die benachbarten hellen Streifen perlweiss und glänzender als irgend ein anderer Theil des Gestirns erscheinen.

Browning glaubt auf Grund dieser Wahrnehmungen und eines Raisonnements über die Grössenverhältnisse der Planeten und ihrer Erkaltung durch Ausstrahlung schliessen zu dürfen, dass der Planet Jupiter noch nicht ganz die Fähigkeit verloren habe, selbst zu leuchten. Auch Zöllner ist dieser Ansicht und glaubt, dass die tiefe Schwärze der Trabantenschatten auf der Oberfläche Jupiters sich aus den Gesetzen der Contrastwirkung erklären lasse.

Die chemische Albedo Jupiters ist eine sehr hohe. Nach den Versuchen von Bond erfordert dieser Planet zur Hervorbringung gleich intensiver Photographien 9 mal weniger Zeit als der Vollmond unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen erfordern würde. Bei Vergleichung der Centraltheile des Mondes mit den hellen Streifen Jupiters fand sich für letztere sogar eine 27 mal kürzere Expositionszeit. Nach den Untersuchungen von Hankel, Bunsen und Roscoe verhalten sich aber die Expositionszeiten umgekehrt wie die Intensitäten der reflectirten (chemischen) Strahlenmengen.

Die bedeutende Abplattung des Planeten im Vereine mit seiner schnellen Rotation, bewirkt eine bedeutende Verschiedenheit in der Länge des einfachen Secundenpendels selbst bei verhältnissmässig kleinen Breitendifferenzen. Ein Pendel, welches auf dem Jupiter an dem einen Endpunkte einer Stadt von der Ausdehnung Londons genau Secunden schlägt, würde am andern Endpunkte derselben für die meisten wissenschaftlichen Zwecke nicht mehr genügen.

Jupiter wird von 4 Monden umkreist. Die Ehre, das Vorhandensein dieser kleinen Gestirne der Welt zuerst bekannt gemacht zu haben, gebührt Galilei, der die Monde am 7. Januar 1610 bemerkte. Ob der florentinische Physiker aber der erste Entdecker derselben gewesen, muss dahingestellt bleiben, indem Simon Marius in der Vorrede seines 1614 erschienenen Werkes „Mundus Jovialis“ behauptet, die erwähnten kleinen Sterne schon am 12. December 1609 gesehen und bis zum 12. Januar

1610 beobachtet zu haben. Jedenfalls aber gebührt Galilei das Verdienst, mit der Publication seiner Entdeckung nicht gezögert zu haben.

Galilei gab den Monden die Collectivbenennung: Mediceische Sterne, und jedem einzelnen einen Familiennamen dieses berühmten Geschlechtes. Marius hingegen schlug die Namen: Jo, Europa, Ganymed und Callisto vor. Keine dieser beiden Bezeichnungsweisen hat sich erhalten und man unterscheidet gegenwärtig die Jupitersmonde bloss nach ihrem Abstande vom Centralplaneten, als 1., 2., 3. und 4. Trabanten.

Die scheinbare Helligkeit dieser Satelliten ist nicht unbedeutend. Der 3. Mond ist nach Galle von der 5. bis 6., die übrigen sind von der 6. bis 7. Grösse. Letztere Angabe ist indess dahin zu präcisiren, dass diese Monde etwa 6. Grösse sind. Die Frage, ob die Jupitersmonde einem unbewaffneten Auge sichtbar sein können, liesse sich unbedingt bejahen, wenn diese Satelliten weit entfernt von dem glänzenden Hauptplaneten ständen. Wegen der geringen Winkeldistanzen, in welchen sie sich vom Centrum des Jupiter befinden, werden sie in den überwiegend meisten Fällen durch die Strahlen überglänzt, die von diesem Planeten auszugehen scheinen, wenn man ihn ohne Fernrohr betrachtet. Für gewisse ausnahmsweise vollkommen gebaute Augen, fehlen diese falschen Strahlen fast gänzlich und es scheint sonach nicht unmöglich, den einen oder andern Trabanten ohne Fernrohr zu sehen.

Um diese Vermuthung zu prüfen, liess Arago ein kleines Fernrohr anfertigen, das nicht vergrösserte, aber die falschen Strahlen beträchtlich verminderte. In der That gewahrte dieser Physiker und sämmtliche Astronomen des Pariser Observatoriums beim ersten Versuche einen Mond (den dritten) neben dem Planeten.

Boguslawski erzählt, dass ein 1820 in Breslau wohnender Schneidermeister Schön in heiteren, mondlosen Nächten selbst mehrere Jupiterstrabanten zugleich erkannte und ihre Stellung gegen den Hauptplaneten richtig angab. Kleine Fixsterne soll er bei den Versuchen nie mit den Trabanten verwechselt haben.

Trotz dieser und einiger anderen Beispiele bleibt es nach meiner Ansicht noch zweifelhaft, ob jemals mit blossem Auge ein einzelner Trabant deutlich erkannt worden ist. Die Sichtbarkeit dieser kleinen Sterne wird nicht bloss durch die falschen Strahlen, welche von dem Jupiter zu divergiren scheinen, behindert, sondern auch, und zwar nach meinen Versuchen in noch grösserm Maasse, durch den starken Glanz dieses Planeten. Hierdurch wird auf der Netzhaut des Auges nicht bloss ein Bild des Jupiter erzeugt, sondern auch ein dasselbe rings umgebender Zerstreuungskreis, dessen Ausdehnung und Intensität von der mehr oder mindern Unvollkommenheit des menschlichen Sehorgans herrührt. Auf diesem erhellten Grunde projicirt sich nun das Bild des Satelliten und erscheint dadurch so sehr geschwächt, dass es meist gar nicht mehr unterschieden werden kann. Nimmt man einen lichtvollen Kometensucher und setzt demselben ein solches Ocular vor, dass er nur ein- oder zweimal vergrös-

sert, so hat man viele Mühe, einzelne der Satelliten Jupiters wahrzunehmen. Diese fallen aber sofort deutlicher in die Augen, wenn man das Objectiv bis zu einer bestimmten Grenze verkleinert. Hierin hat man den experimentellen Beweis, dass es nicht hauptsächlich die falschen Strahlen des Planeten sind, welche die Sichtbarkeit der Satelliten behindern. Uebrigens ändern auch die Strahlen ihre Lage, wenn man den Kopf neigt, während die Lage der Trabanten dieselbe bleibt. Wäre Arago's Erklärung die richtige, so würde es möglich sein, durch eine passende Neigung des Kopfes die Strahlen ganz aus der Richtung der Trabanten zu bringen und diese zwischen ihnen wahrzunehmen.

Ich glaube, dass in den Fällen, wo ein Satellit mit blossem Auge gesehen wurde, in Wirklichkeit zwei Trabanten nahe in Conjunction waren und der verstärkte Eindruck beider erst zur Sichtbarkeit hinreichte. Professor Heis in Münster hat durch mannigfache Versuche bewiesen, dass sein Auge eines der schärfsten ist, die überhaupt existiren. Die Sterne erscheinen ihm ganz und gar ohne falsche Strahlen, was für ein gewöhnliches Auge selbst dann nicht der Fall ist, wenn es sich, wie eben Arago, eines kleinen nicht vergrössernden Fernrohres bedient. Trotzdem ist es Heis niemals gelungen, einen Trabanten mit blossem Auge zu erkennen. Am 11. April 1863, Abends $11^1/_2$ Uhr, erblickte er bei günstiger Luft deutlich rechts vom Jupiter einen Trabanten und zwischen diesem und dem Planeten eine merkliche Lücke. Genauere Untersuchungen zeigten aber, dass der wahrgenommene Lichtpunkt die Vereinigung des 3. und 4. Jupitersmondes war, die beide in einer Entfernung vom Hauptplaneten standen, welche dem siebenfachen Jupitersdurchmesser gleichkam.

Betrachten wir jetzt die Bahnen der vier Monde, so bietet sich uns in den Abständen derselben vom Centrum des Jupiter folgende Reihenfolge dar, wenn man die Entfernung des ersten Mondes, welche fast genau 6,0 Halbmesser des Planeten beträgt, als Einheit betrachtet:

1. Mond	1,0000
2. „	1,5905
3. „	2,5376
4. „	4,4632

Die mittleren Abstände der Trabanten in Jupitershalbmessern, vom Centrum dieses Planeten, werden sehr nahe durch folgende Reihe dargestellt:

1. Mond	1 . 3,4 + 1 . 2,5 =	5,9	(wahrer Abstand 6,0)
2. „	2 . 3,4 + 1 . 2,5 =	9,3	(„ „ 9,5)
3. „	3 . 3,4 + 2 . 2,5 =	15,2	(„ „ 15,2)
4. „	5 . 3,4 + 4 . 2,5 =	27,0	(„ „ 27,0)

Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde mit einander, so findet sich, dass 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 des zweiten und ebenso 61 des dritten Trabanten, nämlich $437^1/_6$ Tage. Sonach

sind also auch die Unregelmässigkeiten der Verfinsterungen in eine Periode von dieser Dauer eingeschlossen, wie zuerst Bradley aus den Beobachtungen für die beiden innersten Monde nachwies und Wargentin für den dritten Trabanten zeigte. Die synodischen Umlaufszeiten sind:

1. Mond	1^d	18^h	$28,6^m$	3. Mond	7^d	3^h	$59,6^m$
2. „	3	13	17,9	4. „	16	18	5,1

Ferner ist, nach von Laplace zuerst gefundenen Gesetzen: a) die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittlern Bewegung des zweiten gleich der dreifachen mittlern Winkelbewegung des dritten Mondes; b) die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittlern Länge des zweiten + der doppelten mittlern Länge des dritten Trabanten fast genau 180 Grad.

Sonach können also die drei ersten Monde Jupiters nie gleichzeitig verfinstert werden.

Der erste Jupiterstrabant läuft um seinen Hauptplaneten siderisch in $1^d\ 18^h\ 27^m\ 33,50^s$. Die Excentricität seiner Bahn ist unmerklich und ihre Neigung gegen die Bahn des Jupiter beträgt $3^0\ 5'\ 24''$. Der Abstand vom Centrum Jupiters beträgt 57500 geographische Meilen. Nach Struve's Messungen beträgt sein mittlerer Winkeldurchmesser 1,015″; Secchi gibt dafür einen 0,03″ kleinern Werth an. Der wahre Durchmesser ist 509 Meilen. Wäre die Laplace'sche Bestimmung der Masse dieses Satelliten zu 0,0000173281 der Jupitersmasse, sicher genug, so würde sich hieraus die Dichtigkeit jenes Mondes zu 0,2 von derjenigen unserer Erde ergeben; jedenfalls scheint sie von der mittlern Dichte Jupiters wenig verschieden zu sein.

Die Farbe dieses Mondes, der an Helligkeit bisweilen keinem der übrigen nachsteht, ist nach Herschel durchaus weiss; Beer und Mädler fanden ihn 1836 mehr bläulich, nach anderen Beobachtern soll er hingegen gelblich sein. Meine eigenen Beobachtungen im Jahre 1867 ergeben die Farbe entschieden bläulich.

Nachdem schon der erste Cassini darauf aufmerksam geworden war, dass die Monde des Jupiter je nach der Stellung in ihrer Bahn an Glanz veränderlich sind, ermittelte zuerst W. Herschel, dass der erste Mond in grösstem Glanze erscheint, wenn er sich in demjenigen Theile seiner Bahn befindet, der zwischen der Conjunction und der grössten östlichen Digression liegt. Herschel schloss aus diesen Wahrnehmungen, dass dieser Mond an seiner Oberfläche Flecke besitzt und seinem Hauptplaneten beständig dieselbe Seite zuwendet.

Die Oberfläche dieses Mondes scheint durchschnittlich dieselbe Albedo wie Jupiter selbst zu besitzen. Beweis hierfür ist der Umstand, dass der Trabant bei seinem Vorübergange vor der Jupiterscheibe in dem centralen Theile derselben verschwindet, indem er sich nicht mehr von dem hellen Planeten abhebt.

Cassini war der Erste, der hierauf aufmerksam machte, als er den

1644 von Herigonus gemachten Vorschlag, die Durchgänge der Jupitersatelliten zur Längenbestimmung zu benutzen, als unausführbar zurückwies. Pound 1719 und Messier 1767 bemerkten, dass der erste (und zweite) Jupitersmond in der Nähe des Randes der Planetenscheibe heller als diese erscheint; ähnliche Wahrnehmungen hat neuerdings Chacornac gemacht. Nach diesem letztern Beobachter soll beim Saturn das Gegentheil stattfinden und hier ein Satellit in der Mitte der Scheibe heller als diese gesehen werden.

Der zweite Jupitersmond vollführt seinen siderischen Umlauf in $3^d\ 13^h\ 13^m\ 42{,}04^s$ bei einem mittlern Abstande von 91400 geogr. Meilen.

Die Ellipticität seiner Bahn ist unmerklich gering und ihre mittlere Neigung beträgt $3^0\ 4'\ 25''$, doch kann dieser Werth in mehr oder weniger um $27'\ 49''$ schwanken.

Der mittlere scheinbare Durchmesser beträgt nach Struve 0,911″, nach Secchi 1,054″, der wahre also 457 geographische Meilen.

Nimmt man mit Laplace die Masse dieses Mondes zu 0,000023235 an, so folgt hieraus eine mittlere Dichte, welche jene des ersten Mondes nahe um das Doppelte übertrifft.

Herschel hatte früher aus der Dauer des Eintritts dieses Mondes in die Jupiterscheibe einen gleichgrossen Winkeldurchmesser desselben abgeleitet, wie später Struve durch directe Messungen.

Die Farbe dieses Satelliten ist bläulichweiss und seine Helligkeit Schwankungen unterworfen, die zwar weniger auffallend sind, wie diejenigen des ersten Mondes, aber doch genügten, um Herschel zu überzeugen, dass auch dieser Mond sich in der nämlichen Zeit einmal um seine Axe dreht, in welcher er seinen Umlauf um den Hauptplaneten vollendet. Am hellsten erscheint dieser Mond für unsern Anblick ungefähr in dem nämlichen Theile seiner Bahn, in dem auch der erste Mond das Maximum seines Glanzes zeigt. Flaugergues schloss aus seinen Wahrnehmungen, dass gerade dieser Mond die bedeutendsten Schwankungen in seinem Glanze zeige.

Der dritte Jupitersmond läuft siderisch um seinen Hauptplaneten in $7^d\ 3^h\ 42^m\ 33{,}36^s$ bei einem mittleren Abstande vom Centrum des Jupiter von 145800 geographischen Meilen.

Die Bahn ist elliptisch mit einer Excentricität von 0,001348, welche innerhalb einer Periode von 190 Jahren zwischen den Werthen 0,0019 und 0,0008 schwankt.

Die Neigung gegen die Bahn des Jupiter beträgt $3^0\ 0'\ 28''$ und schwankt um diesen mittlern Werth periodisch um $12'\ 20''$.

Der mittlere scheinbare Durchmesser dieses Satelliten beträgt nach Struve 1,488″, nach Secchi 1,608″. Herschel fand 1780 ebenfalls 1,6″. Der wahre Durchmesser ist 746 Meilen. Ist ferner die Masse, wie sie Laplace angibt, 0,0000884972 der Jupitersmasse, so folgt die mittlere Dichtigkeit dieses Trabanten zu 0,3 von jener der Erde.

Die Farbe dieses Mondes ist gelblich, ähnlich derjenigen der Jupiterscheibe. Zuweilen erscheint er jedoch nach meinen Beobachtungen entschieden röthlich. Er übertrifft die übrigen Satelliten durchgängig an Helligkeit und nur in einigen Fällen hat man ihn etwas dunkler als den vierten (oder auch als den ersten) Trabanten gesehen. Maraldi war der Erste, der im Jahre 1704 diesen Helligkeitswechsel bemerkte. Nach W. Herschel erscheint dieser Mond am hellsten in seinen beiden Elongationen und der slougher Astronom glaubte, dass auch er wie die übrigen, in derselben Zeit um seine Axe und um den Hauptplaneten sich drehe.

Schon Maraldi will 1707 auf der Scheibe dieses Mondes Flecke bemerkt haben, und Gleiches behauptet Messier in einer 1768 erschienenen Abhandlung. Beide Beobachter sahen diese Flecke indess nur, wenn der Satellit vor dem Hauptplaneten stand und seine Ränder selbst nicht zu unterscheiden waren.

Am 6. September 1760 bemerkte Messier einen Flecken, der in eben dem Maasse an Deutlichkeit verlor, als sich der Mond von dem centralen Theile des Hauptplaneten gegen den Rand hin bewegte. Am 14. Juli 1771 verschwand nach demselben Beobachter ein Fleck auf dem nämlichen Monde, als letzterer in die Nähe des Planetenrandes kam.

Erst Secchi ist es neuerdings gelungen, die Flecke auch zu anderen Zeiten auf diesem Trabanten wahrzunehmen. Diese Beobachtungen führten den Director des Observatoriums des Collegio Romano zu dem Schlusse, dass der dritte Trabant in kürzerer Zeit um seine Axe rotire als er um den Hauptplaneten läuft. Besonders folgt dies aus Beobachtungen im September 1855 und im Januar 1859, wo der Satellit unter 1000^m Vergrösserung auch im Verhältnisse 3 : 5 abgeplattet erschien. Vorläufig, bis die Sache definitiv entschieden ist, wird man sich an dieses, freilich ziemlich unwahrscheinlich klingende Resultat halten müssen, da den Wahrnehmungen des römischen Beobachters jedenfalls ein grösseres Gewicht beizulegen ist, als den keineswegs einwurfsfreien und gerade bei diesem Monde wenig sicheren Helligkeitsschätzungen des ältern Herschel.

Der vierte Jupitersmond vollführt seinen siderischen Umlauf in $16^d\ 16^h\ 32^m\ 11{,}27^s$. Sein mittlerer Abstand vom Centrum des Planeten beträgt 256 500 geographische Meilen.

Die Bahn ist elliptisch mit einer nur wenig veränderlichen Excentricität von 0,007275.

Die Neigung gegen die Ebene der Jupitersbahn beträgt im Mittel $2^0\ 40'\ 58''$ und schwankt zwischen den Grenzen $2^0\ 16'\ 0''$ und $2^0\ 55'\ 56''$.

Der scheinbare Durchmesser dieses Satelliten beträgt nach Struve $1{,}273''$, nach Secchi $1{,}496''$; ihm entspricht ein wahrer Durchmesser von 639 Meilen und unter Anwendung der Laplace'schen Masse von 0,0000426591, erhält man eine mittlere Dichte von 0,25.

Dieser Trabant erscheint bisweilen als der schwächste von allen, obgleich er doch in Bezug auf seine wahre Grösse nur dem 3. Monde nach-

steht. Zu anderen Zeiten habe ich ihn alle übrigen Monde an Glanz übertreffen sehen. Seine Farbe ist ein grauartiges Weiss; Herschel will ihn bisweilen in röthlichem Lichte schimmernd gesehen haben. Nach demselben Beobachter zeigt er das Maximum seines Glanzes kurz vor und nach seiner Opposition. Beer und Mädler haben Herschel's Beobachtungen insofern bestätigt, als sie das Maximum des Glanzes verschiedene Male je nach Ablauf einer synodischen Revolution wiederkehren sahen. Sonach dreht sich also dieser Mond in der nämlichen Zeit um seine Axe, die er gebraucht, den Planeten zu umkreisen.

Während für die Vorausberechnung periodischer Erscheinungen im Sonnensysteme, die Kenntniss der Jupitersmasse von grösster Wichtigkeit ist, und die vier Monde dieses Planeten ein ausgezeichnetes Mittel zur Massenbestimmung desselben darbieten, haben sie auf der andern Seite dazu beigetragen, unsere physikalischen Kenntnisse werthvoll zu bereichern, indem die mit wachsender Entfernung Jupiters von der Erde zunehmende Verspätung im Eintritt der Finsternisse, welche diese Satelliten erleiden, den Raum kennen lehrt, den der Lichtstrahl in einer gegebenen Zeit durchfliegt. Die Ehre dieser wichtigen Entdeckung gebührt dem in allen seinen Arbeiten so genauen Olaus Römer. In einer am 22. November 1675 der pariser Akademie vorgelegten Abhandlung leitete er aus 40 Aus- und Eintritten der Jupitertrabanten in den Schattenkegel des Hauptplaneten die Folgerung ab, das Licht gebrauche 11 Minuten um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Cassini fand für diese Dauer aus den Beobachtungen des 1. Mondes $7^m\ 5^s$ und aus jenen des 2. Satelliten $14^m\ 12^s$, ein Unterschied, der ihn sich gegen Römer's Theorie erklären liess. Cassini's Ansicht ward von Maraldi und Fontanelle getheilt. Newton nahm in seiner Optik an, dass das Licht $7{,}5^m$ gebrauche, den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Delambre leitete aus den besten zu seiner Zeit vorhandenen Beobachtungen einen Werth von $8^m\ 13{,}2^s$ ab und diesem entspricht eine Lichtgeschwindigkeit von 40 316 geographischen Meilen in jeder Secunde.

Saturn.

Dieser Planet führt im Sanskrit den Namen des langsam Wandelnden (*'sanaistschara*) und wird in der Planetenverehrung der Sipasier als Regent, Sieb und Schlange haltend, dargestellt. Die Griechen nannten ihn *φαίνων*, der ruhig Scheinende, im Gegensatze zu *στίλβων*, dem blitzenden und funkelnden Merkur. In der That scintillirt der Planet niemals, selbst nicht in der Nähe des Horizontes; er glänzt als Stern erster Grösse mit weissem Lichte. Seine scheinbare Helligkeit steht jener des Jupiter bedeutend nach. Während dieser letztere Planet nach der Conjunction schon bei 10 Grad Winkeldistanz von der Sonne sichtbar wird, erscheint Saturn nach alten Beobachtungen erst bei 11 bis 12 Grad. In mittlerer Oppositionshelligkeit und wenn der Ring unsichtbar ist hat Saturn nur $\frac{1}{23.8}$ von der Helligkeit Jupiters und, gleichfalls nach Zöllner's Messungen, $\frac{1}{130\,980\,000\,000}$ vom Glanze der Sonne. Wenn dagegen der Ring am besten sichtbar ist, kann die Helligkeit des Saturn auf $^1/_{10}$ jener des Planeten Jupiter steigen. Nach Seidel's bis zum Jahr 1858 fortgesetzten photometrischen Messungen mittels des Steinheil'schen Apparates, würde dagegen Saturn heller sein, indem er bei mittlerer Oppositionshelligkeit $\frac{1}{96\,500\,000\,000}$ vom Glanze der Sonne besitzt.

Die wahre siderische Umlaufszeit des Saturn beträgt $10759^d,2198174$ oder 29 Jahre 166 Tage 5 Stunden 16 Minuten 32 Secunden, der mittlere Abstand vom Centrum der Sonne also 9,538852 oder 189,7 Millionen Meilen. Die Excentricität der Bahn beträgt 0,0561563 mit einer säcularen Abnahme von $(0{,}0000026893 + 0{,}0000000000480\,t)\,t$. Sonach wechselt die Distanz des Planeten von der Erde zwischen 219 und 159 Millionen Meilen.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist (1800,0) $2^0\ 29'\ 36{,}89''$ mit einer Abnahme von $(0'',1349 + 0'',00002250\,t)\,t$. Das Perihel liegt in $89^0\ 7'\ 45{,}38''$ und rückt tropisch um $(66'',887 + 0'',0002860\,t)\,t$ vorwärts.

Die Länge des aufsteigenden Knotens beträgt $111^0\ 56'\ 15{,}8''$ mit einem tropischen Vorrücken von $(18'',338 - 0'',0001791\,t)\,t$.

Saturn ist nächst Jupiter der grösste und massigste aller bekannten Planeten. Sein mittlerer Aequatorealdurchmesser beträgt nach Bessel's genauen Messungen 17,053″, der Polardurchmesser 15,381″, die Abplattung also $\frac{1}{10.2}$ Der wahre Aequatorealdurchmesser ist also 15680 geographische Meilen, der Polardurchmesser 14140 geographische Meilen.

Wären Bessel's Messungen weniger zahlreich und mit einander harmonirend, so könnte man versucht sein, ihre Zuverlässigkeit in Zweifel zu ziehen. Denn die meisten übrigen Beobachter finden den Saturn nicht unbeträchtlich grösser.

Aus Arago's Messungen von 1847 folgen die Durchmesser resp. 17,698″ und 15,766″.

Lassell findet 17,453″ und 15,827″.

Den Aequatorealdurchmesser gibt Struve zu 17,99″, Jacobs zu 17,94″, Secchi zu 17,661″ an.

Was auch immer der Grund dieser auffallenden Unterschiede sein möge, so viel steht fest, dass man seit dem letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts den Saturn, welchen die früheren Messungen fast dem Jupiter an Grösse gleichstellten, in dem Maasse kleiner gefunden hat, als die Vervollkommnung der Hülfsmittel zu mikrometrischer Messung zugenommen.

Nachdem Herschel bereits im September 1789 durch Messungen, welche für jene Epoche den Aequatorealhalbmesser des Saturn zu 11,4″ und den Polarradius zu 10,3″ ergaben, die Abplattung auf $^1/_{10}$ bestimmt hatte, fand er in den Monaten April bis Juni 1805 durch verschiedene Fernrohre, dass der grösste Durchmesser des Saturn mit dem Aequator desselben einen Winkel von 43° 20′ bilde. Messungen am 26. und 27. Mai gaben für die beiden genannten Durchmesser im Mittel resp. 11,35″ und 11,93″. Herschel war der Ansicht, dass diese Unregelmässigkeiten durch die Anziehung des Ringes, zu einer Zeit entstanden seien, als der Planet noch eine weiche, flüssige Masse bildete. Allein Bessel hat später nachgewiesen, dass diese Ursache niemals jene abnorme Gestalt des Saturnkörpers hervorbringen konnte und seine Heliometermessungen zeigten, dass sie auch überhaupt nicht existirt. Main's spätere Messungen stimmen hiermit vollkommen überein, und Herschel's Wahrnehmung ist sonach subjectiver Natur gewesen, wenngleich man sich bis heute vergebens bemüht hat, eine Erklärung der Art und Weise, wie die Täuschung zu Stande kam, zu geben.

Die Masse Saturns (und seiner Ringe) beträgt nach Bessel's Untersuchungen $\frac{1}{3501.6}$ der Sonnenmasse.

Hieraus und aus dem Volum des Planeten ergibt sich dessen mittlere Dichte zu $^1/_7$ von jener der Erde, also geringer als diejenige des Wassers. Saturn kann daher an seiner Oberfläche nichts unseren Oceanen Analoges besitzen.

Man hat darauf aufmerksam gemacht, dass möglicher Weise dieser Planet (vielleicht auch Jupiter) aus einem kleinen dichten Kern bestehe,

der von einer wenig dichten, nebelartigen Hülle umgeben ist. Der graue, in den äquatorealen Regionen des Planeten sich rings um die Kugel ziehende Streifen und mehrere schwächere, weit schneller veränderliche Gebilde ähnlicher Art, lassen sich mit einer solchen Annahme sehr gut in Uebereinstimmung bringen. Ja, es wird aus Gründen, die bei Untersuchung der Ringe dieses Planeten zur Sprache kommen, höchst wahrscheinlich, dass das Saturnsystem noch keineswegs in jenen Zustand der Consistenz übergegangen ist, den wir bei anderen Planeten wahrnehmen.

Nachdem, wie es scheint, Cassini im Jahre 1683 der Erste war, der die dunkeln Streifen des Saturn erkannte und auch Huygens etwas Analoges bemerkte, gelang es erst 1762 und 1766 Messier, ein solches Gebilde deutlich und während einiger Tage zu erblicken. Im Jahre 1776 sah derselbe Astronom einen grössern, grauen, den Jupitersbanden ähnlichen Streifen. Um dieselbe Zeit begannen auch Herschel's Beobachtungen des Saturn. Dieser grosse Beobachter sah nicht bloss eine Vielzahl unter einander paralleler, sehr wechselvoller Streifen, sondern bemerkte auch einzelne knotenartige dunkle Punkte in denselben, aus deren Bewegung er die Rotationszeit der Saturnkugel anfangs (durch 154 Umdrehungen zwischem dem 11. November 1793 und dem 16. Januar 1794) auf $10^h\ 16^m\ 44^s$, schliesslich zu 10 Stunden 29 Minuten 17 Secunden bestimmte. Herschel fand ferner, dass die Streifen bisweilen nicht unbedeutende Winkel mit der Ringebene bilden, auch erschienen ihm die Polarregionen des Planeten zur Zeit ihres Sommers weit weniger hell als in der entgegengesetzten Jahreszeit. Diese schwierigen und feinen Wahrnehmungen, dergleichen auch Schröter gelungen, würden, vorausgesetzt, dass sie ganz sicher wären, auf eine ziemlich dichte Atmosphäre des Planeten hindeuten und auf Niederschläge, denjenigen analog, die wir alljährlich auf unserm Erdballe zu beobachten Gelegenheit haben. Da, wie oben bemerkt wurde, Wassermassen an der Oberfläche des Saturn nicht existiren können, so folgt aus Herschel's Beobachtungen — immer vorausgesetzt, dass sie richtig sind — dass wir nur eine dichte Wolkenschicht als Begrenzung des Saturn erblicken, unter welcher indess ein kleinerer, compacter Kern sich befindet, dessen Dichte mindestens gleich derjenigen des Wassers sein muss. Man sieht unmittelbar, welches Interesse sich an die Verificirung der Herschel'schen Resultate knüpft.

Mehrere Wahrnehmungen früherer Beobachter, welche sich auf eine bedeutende Helligkeitsabnahme kleiner Fixsterne bezogen, sobald diese dem Saturnsrande nahe kamen, hat man durch Annahme einer dichten Atmosphäre um jenen Planeten zu erklären gesucht. Sehr mit Unrecht; denn eine Atmosphäre, wie dicht man sie immer annehmen möge, kann sich doch durch derartige Phänomene aus einer Entfernung nicht mehr wahrnehmbar machen, in welcher 0,1 Bogensecunde 92 geographische Meilen umfasst. Jene Schwächung findet, wie Arago zuerst näher entwickelt hat, aus physiologischen und optischen Gründen statt, deren bereits früher gedacht wurde. Nichtsdestoweniger ist freilich eine dichte Atmo-

sphäre um jenen Planeten schon deshalb wahrscheinlich, weil der grosse graue Streifen niemals bis zum Rande der Scheibe sichtbar ist, sondern gegen diesen hin eine successive Schwächung erleidet und endlich ganz verschwindet.

Wenn die Neigung des Saturnäquators gegen seine Bahn in der That 26⁰ 49′ beträgt, so muss, trotzdem der Planet im Perihel 81 mal und im Aphel 101 mal schwächer beleuchtet (und unter gleichen Verhältnissen auch erwärmt) wird als die Erde, dort der Unterschied der Jahreszeiten immerhin ein merklicher sein, um so mehr als jede derselben nahezu sieben Erdenjahre dauert.

Das Saturnsystem ist das reichste und ausgedehnteste aller Partialsysteme unserer Planetenwelt. Denn nicht nur begleiten den Planeten acht Satelliten auf seinem Laufe um die Sonne, sondern, freischwebend über dem Aequator, umgibt ihn noch ein System flacher Ringe, als vereinzelt stehendes Beispiel im ganzen Sonnengebiete.

Die Ringe des Saturn wurden zuerst gesehen, aber noch nicht als solche erkannt, in der zweiten Hälfte des Jahres 1610 von Galilei. Im November jenes Jahres schrieb der florentinische Physiker an Kepler, Giuliano de Medici und Castelli, dass er Saturn bei dreissigfacher Vergrösserung als aus drei sich gegenseitig berührenden Sternen zusammengesetzt erblicke. Aber im Jahre 1612, wo die Ringe der Erde ihre schmale Kante zuwandten, und also für gewöhnliche Fernrohre unsichtbar sein mussten, sah Galilei den Saturn vollkommen rund, und unmuthig über seine früheren Wahrnehmungen, als welche nur Täuschungen gewesen seien, gab er die fernere Beobachtung des Planeten ganz auf. Nach ihm beschäftigte sich Hevel anhaltend mit dem Saturn; er kam zu dem Resultate, dass der Planet aus einem runden Centralkörper und zwei angehängten sichelartigen Monden bestehe, die in Folge einer gemeinsamen Rotationsbewegung, bald sichtbar, bald unsichtbar seien.

Der Wahrheit schon näher kam Robervall, der die elliptische Form als Projection des Kreises ansah, aber erst Huygens fand die wahre Erklärung aus der Discussion zahlreicher mit einem 21füssigen Refractor angestellter Beobachtungen. Im Jahre 1659 veröffentlichte dieser ausgezeichnete Mathematiker das berühmte Anagramm, das die Erklärung der Phänomene Saturns umfasste und welches nach der später gegebenen Erläuterung hiess:

„Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.“

Obgleich diese Erklärung der Saturnansen und ihres periodischen Verschwindens, durch einen flachen, freischwebenden, gegen die Ekliptik geneigten Ring, gewiss die an und für sich natürlichste war, so ward sie doch noch lange bezweifelt, besonders da Riccioli sich einige Jahre vor Huygens für den Zusammenhang der Ansen mit dem Saturnkörper ausgesprochen hatte.

Die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik bestimmte Huygens aus seinen und den Beobachtungen Picard's von 1688 zu 30 Grad. We-

sentliche Fortschritte machten unsere Kenntnisse jener ungeheuren, freischwebenden Brücke durch Cassini. Dieser berühmte Beobachter fand 1675, dass der Ring durch eine feine, dunkle Linie in zwei Theile getrennt erscheint, und sein 34füssiges Fernrohr zeigte ihm deutlich, dass der innere Theil heller glänze als der äussere. Uebrigens waren ihm in Wahrnehmung des dunkeln Streifens William Ball 1665 und vielleicht auch Wallis zuvorgekommen, wie neuerdings Hind und O. Struve bemerkt haben.

Die Wahrnehmung Cassini's bezüglich des Glanzes vom Saturnringe ergänzte später Herschel durch die Bemerkung, dass das Maximum der Helligkeit des innern Ringes gleichweit von seinen beiden Rändern sich befindet und gegen diese hin allmählich die Intensität abnimmt, der Art, dass in der Nähe der Theilung der Glanz nur noch etwa demjenigen des grossen grauen Streifens der Planetenkugel gleich ist. Nichtsdestoweniger bleibt doch der Ring im Ganzen, wie bereits Hooke 1666 bemerkte, heller als der Planet selbst.

Nach Bessel's Heliometermessungen beträgt der scheinbare Durchmesser des Ringsystems zwischen seinen äussersten Kanten, in mittlerer Entfernung von der Erde, 39,311″, die Neigung gegen die Ekliptik (1867,0) 28° 10′ 21,25″ mit einer jährlichen Abnahme von 0,350″. Der aufsteigende Knoten des Ringes auf der Ekliptik liegt in 167° 45′ 1,8″, mit einer jährlichen Zunahme von 46,462″.

Struve's Messungen ergaben folgende Dimensionen:

Aeusserster Durchmesser des Ringsystems	40,09″
Innerer „ „ „	26,67
Breite „ „	6,71

Aus diesen Winkelangaben resultiren folgende wahre Dimensionen:

Aeusserster Durchmesser des Ringsystems	36870	geogr. Meilen
Innerer „ „ „	24520	„ „
Breite „ „	6175	„ „

Die innerste Ringkante steht sonach von dem nächsten Theile der Oberfläche des Planeten nur 4420 Meilen entfernt, kaum 0,09 der mittlern Entfernung des Mondes von der Erdoberfläche.

Uebrigens fällt der Mittelpunkt des Ringes nicht genau mit jenem des Planeten zusammen. Vieth hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass dieses Factum schon 1684 dem Probste Gallet in Avignon bekannt war, der in seiner Schrift Systema phaenomenorum Saturni sagt: „Nonnunquam corpus Saturni non exacte annuli medium visum fuit,“ ohne sich indess weiter über die Quelle, aus der er diese Wahrnehmung geschöpft, auszusprechen. Seine Behauptung blieb übrigens auch vollkommen unbeachtet, bis Schwabe am 21. December 1827 den dunkeln Raum zwischen dem innern Rande des Ringes und dem Planeten im Osten etwas breiter als im Westen zu sehen glaubte. Harding bestätigte diese Wahrnehmung und Struve fand die besagte Excentricität gleich 0,21″, etwas

grösser als später Herschel und South. Lässt man den Werth von 0,2″ gelten, so entspricht demselben eine lineare Grösse von 183 Meilen und der kürzeste Abstand zwischen der innersten Ringkante und der Planetenoberfläche wird 4240 Meilen.

Arago glaubte auch eine excentrische Stellung des Ringes in Bezug auf seine scheinbare kleine Axe wahrgenommen zu haben, doch fehlt bis heute eine genauere Discussion der Beobachtungen, aus denen dieselbe folgt. Nach Schwabe und Valz ist der Ring auch nicht genau dem Saturnäquator parallel, vielmehr erscheint er gegen Osten etwas mehr nördlich, im Westen mehr südlich zu liegen.

Schon Cassini und Maraldi scheinen bemerkt zu haben, dass die Cassini'sche Trennungslinie auf beiden Seiten des Ringes existirt, Herschel aber ist der Erste gewesen, der (aus seinen Beobachtungen in den Jahren 1789 und 1792) mit Evidenz schloss, dass die schwarze Linie eine wirkliche Trennungsspalte sein müsse und Saturn demnach eigentlich von zwei concentrischen Ringen umgeben sei. Der Durchmesser, oder die Breite jener Theilung beträgt nach Struve 0,41″ oder 380 geographische Meilen.

Die Dicke des Ringsystems ist sehr gering, und schwerlich durch directe Messungen zu bestimmen. Wenn die Erde in der Ebene desselben sich befindet, verschwindet daher der Ring für die meisten Fernrohre gänzlich. Im Jahre 1789 gelang es indess Herschel, ihn auch in dieser Stellung fortwährend als feine (aber jedenfalls durch Irradiation erbreitete) Linie zu erkennen. Dasselbe war zur Zeit des Verschwindens, zwischen dem 16. und 19. März 1862, auch im grossen Refractor von Pulkowa der Fall. Schröter glaubte aus der Breite des Schattens, welchen der Ring bei seinem Durchgange durch die Ebene der Ekliptik im Juni 1803 auf seinen Planeten warf, auf eine Dicke desselben von 0,126″ oder 116 Meilen schliessen zu dürfen.

Der Irradiation sind nach Herschel auch gewisse, von Schröter gesehene Erhöhungen an der Oberfläche des äusseren Ringes zuzuschreiben, doch behauptete der Slougher Astronom, auch wirkliche Erhöhungen wahrgenommen zu haben, deren Bewegung ihn auf eine Umdrehungsdauer des Ringsystems von $10^h\ 32^m\ 15^s$ leiteten.

Die Beobachtungen Schwabe's, der den Ring zur Zeit des Verschwindens sich bisweilen in eine Reihe einzelner Punkte, einer Perlenschnur ähnlich, auflösen sah, scheinen freilich auf bergartige Erhöhungen hinzudeuten, und würden der Herschel'schen Rotationszeit nicht widersprechen; allein von anderen Beobachtern sind einzelne Wahrnehmungen gemacht worden, die mit der angeführten Umdrehungsperiode nicht übereinzustimmen scheinen.

Cassini am 8. December 1671, Maraldi am 12. October 1714 und 22. März 1715, Varela am 6. October 1773, Harding am 4. Januar 1803 und Herschel selbst im Jahre 1774 sahen nur eine, und zwar die westliche Ringanse, längere Zeit hindurch als nothwendig gewesen

wäre, diese sichtbaren Theile des Ringes in Folge der Rotation auf die andere Seite zu bringen.

Schröter sah im Januar 1774 mehrmals helle Punkte auf der schmalen Ringkante, die selbst während einer achtstündigen, ununterbrochenen Beobachtung ihre scheinbare Lage nicht änderten. Der Lilienthaler Astronom schloss hieraus, dass der Ring nicht rotire, ein Resultat, das Herschel's Beobachtungen und den Grundsätzen der Mechanik widerstreitet.

Olbers hob zuerst einige Momente hervor, aus denen der Subjectivismus der von Schröter gesehenen angeblichen Erhöhungen auf dem Ringe folgt. In der That wird dieser, sobald die Gesichtslinie nahe in seiner verlängerten Ebene liegt, in denjenigen Punkten am hellsten erscheinen, in deren Verlängerung der breiteste Theil der hellen Fläche, für den Anblick des Beobachters, liegt. Durch Irradiation heben sich diese Punkte noch mehr hervor und erscheinen als fixe Erhöhungen. Einen weitern Antheil an dieser Täuschung haben die nicht zu bezweifelnden localen Ausbiegungen und kleinen Neigungen der einzelnen Ringe gegen einander, die sich aus Bessel's genauen Untersuchungen der zwischen 1700 und 1833 gemachten Beobachtungen des Verschwindens und Wiedererscheinens der Ringe, evident ergaben. Auch scheint es nach Peirce's Untersuchungen, dass die Abweichungen des Ringes von der regelmässigen Gestalt, jene bergartigen Erhöhungen, nicht constant, sondern in der flüssigen Masse des Ringes veränderlich sind. Derselbe Mathematiker kommt zu dem Resultate, dass Laplace's flüchtig hingeworfene Aeusserung, jene Unregelmässigkeiten trügen durch ihre Constanz zur Stabilität des Ringsystems wesentlich bei, durchaus unrichtig ist. Nach ihm müsste letzteres auf den Planeten stürzen, wenn es nicht aus einem oder mehreren Strömen einer dem Wasser vergleichbaren Materie bestände. Ueberhaupt strebt nach dem genannten Forscher die Wirkung der Saturnsatelliten dahin, die Coincidenz der Mittelpunkte des flüssigen Ringes und des Planeten innerhalb gewisser Grenzen zu erhalten, und ist ohne eine grosse Anzahl von Satelliten überhaupt die dauernde Existenz eines Ringes gar nicht möglich. Aus Herschel's Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Ringsystem Saturns bisweilen Trennungen von sehr kurzem Bestande zeigt. Am 19., 20., 21. und 26. Juni 1780 sah der berühmte Beobachter, nahe dem innern Rande der westlichen Ringanse, eine schmale Trennung in Gestalt einer feinen Linie, die er weder auf der andern Ringanse noch überhaupt später wiederfand.

Kater bemerkte am 17. December 1725 sowie an verschiedenen Tagen des darauffolgenden Januar, auf der äussern Ringfläche eine Anzahl feiner Theilungen, die dem Beobachter zufolge nicht permanent vorhanden blieben. Sicherer constatirt ist die durch Encke am 25. April 1837 auf dem äussern Ringe zuerst wahrgenommene Trennungsspalte, die, wenn man Struve's Ringdimensionen zu Grunde legt, 18,57″ vom Mittelpunkte, also 1,47″ vom äussersten Rande des äussern Ringes entfernt ist. Die Encke'sche Trennung steht von der Cassini'schen nur 0″,92 ent-

fernt. Lassell und Dawes haben im September 1843 ihre Breite zu 1/3 derjenigen der Cassini'schen, also zu 120 bis 130 Meilen geschätzt, auch fanden sie dieselbe dem äussersten Rande des Ringsystems näher, als früher Encke's Messungen ergeben hatten.

Unter dem schönen Himmel Roms sah de Vico die Encke'sche Trennung häufig ganz ebenso dunkel, wie die ältere Linie Cassini's. Bisweilen gelang es erstere auf beiden Ringansen zugleich zu sehen, bisweilen auch nur auf einer, mehrmals war sie gar nicht sichtbar.

Ferner hat derselbe Astronom eine neue dunkle Linie auf dem innern Ringe, nämlich demjenigen, der zwischen der Cassini'schen Theilung und der Saturnkugel sich befindet, wahrgenommen. Sie erschien häufiger auf der östlichen Anse allein, wie auf beiden zugleich. Schliesslich zeigte sich zwischen ihr und der Cassini'schen Theilung häufig eine sehr feine Linie, bisweilen auf beiden Ringansen zugleich, bisweilen auch nur auf einer.

Am 11. und 15. November 1850 hat G. P. Bond mit seinem grossen Refractor innerhalb des bis jetzt erwähnten Ringsystems, also zwischen der innersten Ringkante und der Planetenoberfläche einen neuen sehr schwachen, fast durchsichtigen Ring entdeckt, dessen Breite 1,5″ betrug. Diese Entdeckung wurde bald darauf von Lassell und Dawes bestätigt. Uebrigens hatte Galle schon 1838 etwas Aehnliches, wenngleich mit geringerer Bestimmtheit bemerkt. O. Struve und Robert Smith haben darauf aufmerksam gemacht, dass dieser innerste Ring schon von Pound und Hadley ist erkannt worden, während andere Astronomen ihn für den Schatten des Hauptringes auf dem Planeten hielten. Nach Schwabe ist dieser Ring nicht überall gleichförmig, sondern in der Mitte und der östlichen Anse etwas heller als in der westlichen. Nach Secchi's Messungen beträgt der Durchmesser dieses Nebelringes 21,419″, wenn der Aequatorealdurchmesser des Planeten 17,661″ gross erscheint.

Neuere Messungen Secchi's in den Jahren 1854 bis 1856 geben für den äussersten Ringdurchmesser 40,893″, für den Durchmesser zwischen der Haupttheilung auf beiden Ansen 34,659″, für den innern Ringdurchmesser 25,714″. Secchi glaubt, dass die ganz ungemeinen Differenzen in den Winkelgrössen des Ringes, zu welchen die verschiedenen Beobachter gelangt sind, ja welche selbst seine eigenen Messungen unter einander zeigen, dadurch erklärbar würden, dass man die Breite des Ringes nicht allenthalben gleich annehme. Als der römische Astronom unter dieser Voraussetzung eine Rotation von 14,238 Stunden annahm, und von der Epoche 1855 December 24. $4^h\ 10^m$ Sternzeit ausging, ergab sich in der That eine befriedigende Uebereinkunft der einzelnen Beobachtungen.

O. Struve glaubt an eine successive Verengung des Saturnringes, eine Annahme, der freilich die Messungen nur zum Theil entsprechen.

Bessel hat aus den Störungen, welche der Ring auf die Bewegung des sechsten Satelliten ausübt, seine Masse zu $\frac{1}{118}$ der Saturnmasse be-

stimmt. Hieraus folgt unter Annahme gleicher mittlerer Dichte mit dem Planeten selbst, seine Dicke zu 30 Meilen, was von der Erde aus gesehen einem mittlern Winkelwerthe von 0,03″ entspricht.

Secchi in Rom hat den Saturn wiederholt spectroskopisch untersucht und gefunden, dass das am Merz'schen Refractor angebrachte Spectroskop im Roth einen starken, fast schwarzen Streifen zeigt, der bei ruhiger Luft vollkommen schwarz ist. Am äussersten Ende des Roth ist das Spectrum schlecht begrenzt, doch gibt es dort die Spur eines andern Streifens zu erkennen. Zwischem dem rothen und dem gelben Theile bemerkt man ein ziemlich scharf begrenztes Band, das ganz an das Band *D* erinnert; jenseits des Gelb zeigt sich eine Spur der Brewster'schen Region. Endlich unterscheidet man mehr oder weniger die Bänder *E*, *b*, *F* von Fraunhofer, doch sind genaue Positionsbestimmungen ungemein schwierig. Secchi hat festgestellt, dass der grosse schwarze Streifen im Roth ein der Saturnatmosphäre eigenthümlicher ist. Jupiter zeigt etwas Analoges, so dass die beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems hinsichtlich ihrer Atmosphären ziemlich gleichartig erscheinen.

Saturn wird von 8 Monden umkreist, welche der Zeit ihrer Entdeckung nach folgende Reihenfolge haben.

6.	Mond	(Titan)	entdeckt	von	Huygens	am	25.	März	1665
8.	„	(Japetus)	„	„	D. Cassini	im		October	1671
5.	„	(Rhea)	„	„	„	am	23.	December	1672
4.	„	(Dione)	„	„	„	„	21.	März	1684
3.	„	(Thetis)	„	„	„	„		„	1684
2.	„	(Enceladus)	„	„	W. Herschel	„	18.	Juli	1789
1.	„	(Mimas)	„	„	„	„	17.	September	1789
7.	„	(Hyperion)	„	„	Bond	„	16.	„	1848

Aus dieser Tabelle ist durch die vorgesetzten Zahlen 1 bis 8 die Aufeinanderfolge der Monde nach ihrer Entfernung vom Saturn angezeigt. Die Benennungen sind durch John Herschel eingeführt worden.

Die Saturnsmonde zeigen in ihren Distanzen vom Centralkörper eine gewisse Reihenfolge ähnlich wie die Jupitersmonde, nur ist die Reihe hier eine andere. Die Abweichungen zeigen sich bloss beim 7. und 8. Trabanten bedeutend, d. h. bei denjenigen Monden, deren Bahnen noch sehr wenig bekannt sind. In der nachstehenden Reihe bemerkt man zwischen dem 5. und 6. Trabanten eine auffallende Lücke. Dass hier noch ein nicht gesehener Trabant um Saturn circulire, darf als Möglichkeit, nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens, nicht geleugnet werden. Die Abstände, wie sie hier folgen, die berechneten und die wahren, sind in Halbmessern Saturns ausgedrückt und die Angaben von Sir John Herschel nach den Beobachtungen am Cap (1835 bis 1837), zum Grunde gelegt.

I. Mond	0,934 + 2,415 = 3,35	(wahrer Abstand =	3,36)	Δ = 0,01
II. „	2. 0,934 + 2,415 = 4,28	(„ =	4,31)	0,03
III. „	3. 0,934 + 2,415 = 5,22	(„ =	5,34)	0,12
IV. „	5. 0,934 + 2,415 = 7,08	(„ =	6,84)	0,24
V. „	8. 0,934 + 2,415 = 9,89	(„ =	9,55)	0,34
„	13. 0,934 + 2,415 = 14,56			
VI. „	21. 0,934 + 2,415 = 22,03	(„ =	22,14)	0,11

Der erste Mond (Mimas) wurde von Herschel im 40füssigen Spiegelteleskop am 18. Juli 1789 zuerst gesehen und bis zum 24. December desselben Jahres verfolgt. Beer und Mädler haben 1835 aus diesen Beobachtungen folgende Bahnelemente abgeleitet:

Halbe grosse Axe . . . . . 3,1408 Saturnhalbmesser
Excentricität 0,0689
Umlaufszeit . . . . $22^h\ 36^m\ 17{,}705^s$
Länge des Perisaturniums 104° 42′ (für 1789)
Epoche . . . . 1789 Sept. 14. $13^h\ 37{,}8^m$ mittl. par. Zeit
für 264° 16′ 36″ saturnocentrischer Länge.

Schröter glaubte einmal diesen Mond wahrgenommen zu haben, allein erst am 27. Juni 1838 wurde er von de Vico in Rom mit Sicherheit wiedergesehen und fand dieser Astronom aus der Verbindung seiner mit den Beobachtungen Herschels eine Umlaufszeit von $22^h\ 36^m\ 17{,}058^s$.

Dieser Trabant ist ungemein schwierig wahrzunehmen; nicht allein, weil er meist durch den Planeten oder dessen Ring verdeckt wird, sondern auch wegen seiner Unbedeutendheit und Lichtschwäche. Dagegen tritt er, wie zuerst de Vico bemerkte, deutlich hervor, wenn Saturn und sein Ring im Fernrohr durch ein kleines Plättchen verdeckt wird. Als der Ring im Jahre 1862 verschwand, wurde dieser mit allen übrigen Saturnsmonden zugleich in Pulkowa gesehen.

Für den zweiten Trabanten (Enceladus) ergibt sich aus Herschel's Beobachtungen vom 8. September bis zum 24. December 1789, nach den Rechnungen von Beer und Mädler folgende Bahn:

Distanz vom Centrum Saturns 4,0319
Umlaufszeit . . . . $32^h\ 53^m\ 2{,}728^s$
Epoche . . . . 1789 Sept. 14. $12^h\ 4{,}8^m$ mittl. par. Zeit
für 67° 56′ 25,5″ saturnocentrischer Länge.

Die Bahn scheint, den Beobachtungen zufolge, nur eine sehr geringe Excentricität zu besitzen. Lamont, der diesen Trabanten im Sommer 1836 wieder auffand, erhielt als Umlaufszeit $32^h\ 52^m\ 57{,}275^s$.

Der dritte Saturnsmond (Thetis) wurde von Cassini aufgefunden, als er ein 100füssiges Campanisches Fernrohr probirte. Herschel und Lamont haben ihn wiedergesehen und letzterer Astronom findet folgende Bahn:

Halbe grosse Axe 4,9926
Excentricität 0,0051
Umlaufszeit . . . . 45^h 13^m $32,96^s$
Perisaturnium . . . . 184° 36′
Neigung gegen die Ringebene . . . . . 1° 33′ 6″
Aufsteigender Knoten . . . . 357° 39′
Epoche 1836 April 23. . . . . 8^h 36^m $20,25^s$ mittl. par. Zeit
für 158° 31′ saturnocentrischer Länge.

Der vierte Satellit (Dione), der von Cassini aufgefunden wurde, ist nach ihm zuerst von dem ältern Herschel in Slough und von Herschel dem Sohne am Cap der guten Hoffnung 1835 bis 1837 gesehen worden. Aus den letzteren Beobachtungen ergibt sich:

Distanz vom Centrum Saturns 6,8398
Umlaufszeit . . . . 2^d 17^h 41^m $8,9^s$

Der fünfte Trabant (Rhea) wurde von Cassini in einem 35füssigen Fernrohre aufgefunden und erst von Schröter und Herschel dem Sohne wiedergesehen. Von seiner Bahn weiss man nur, dass ihre etwaige Excentricität sehr gering ist und die

Mittlere Entfernung 9,5528
Umlaufszeit . . . . 4^d 12^h 25^m $10,8^s$

Schröter schätzte den wahren Durchmesser dieses Mondes auf 260 Meilen.

Der sechste Saturnsmond (Titan) ist, Dank den Arbeiten Bessel's, genauer bekannt, als selbst einer der Jupitersmonde. Der berühmte Astronom gibt folgende Bahnelemente:

Mittlere Entfernung 20,7060
Excentricität 0,02922326
Umlaufszeit . . . . 15^d 22^h 41^m $25,2^s$
Perisaturnium . . . . 244° 35′ 50″
Aufsteigender Knoten in der Ekliptik 167° 39′ 16,6″
Neigung gegen die Ekliptik . . . . . . 27° 33′ 46,4″
Mittlere Länge . . . . 125° 0′ 52″
Epoche 1830 Januar 0,0 mittl. par. Zeit.

Die Länge des aufsteigenden Knotens nimmt siderisch in jedem Jahre 14,70″ ab, das Perisaturnium rückt ebenso 29′ 39,25″ vor, und die Neigung der Bahn vermindert sich um 0,254″. Titan ist der hellste und grösste aller Saturnsatelliten. Huygens sah ihn zuerst in einem selbst verfertigten 12füssigen Fernrohre. Die früheren Angaben, dass dieser Trabant einen Durchmesser von 1000 Meilen habe, also dem Mars mindestens gleich stehe, sind sehr zu verringern. Schon Schröter schätzte ihn nur zu 680 Meilen und Mädler's Versuche im Dorpater Refractor führten auf 350 bis 400 Meilen.

Der siebente Saturnsmond (Hyperion) wurde fast gleichzeitig von Bond und Lassell im September 1848 aufgefunden, Bond gibt folgende Bahn:

Halbe grosse Axe . . .	26,85
Umlaufszeit	21,284 Tage
Excentricität	0,115
Perisaturnium	295°
Mittlere Länge	82°

Epoche 1848 September 19. 18^h mittl. Zeit von Greenwich.
Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik scheint sehr gering zu sein.

Nach Lassell ist dieser Trabant an und für sich weit schwächer als der innerste, Mimas. Die neuesten Beobachtungen auf Malta haben ergeben, dass der letztere Satellit keineswegs so absolut lichtschwach ist, als man seit Herschel annahm.

Der achte Satellit (Japetus) wurde im October 1671 von Cassini in einem 17füssigen Fernrohre entdeckt. Die beiden Herschel haben ihn genauer beobachtet, allein die Bahn ist nur ungenügend bekannt.

Halbe grosse Axe	64,4
Excentricität	0,284
Umlaufszeit	$79^d\ 7^h\ 54^m$
Neigung gegen die Ekliptik . .	18° 38′
Länge des Perisaturniums . . .	349° 20′
" " aufsteigenden Knotens .	143° 1′

Epoche 1857 Januar 0,0 mittl. Zeit von Greenwich
für 78° 9′ mittl. Länge.

Schon Cassini und Maraldi bemerkten an diesem Monde eine Eigenthümlichkeit, die ihre Erklärung in dem supponirten Gesetze gleicher Rotations- und Revolutionsdauer der Satelliten findet. Wenn dieser Mond sich im östlichen Theile seiner Bahn befand, so verschwand er vollständig für schwächereFerngläser und nur Herschel dem Aeltern gelang es mit vieler Mühe, ihn während zehn Umläufen beständig wahrzunehmen. Ungleichheiten im Glanze sind auch von Bernard 1787 und von Schröter bestätigt worden. Den wahren Durchmesser dieses kleinen Gestirns kennt man ebensowenig wie seine Masse, oder die Massen der übrigen Saturnssatelliten. Dieselben stehen in dieser Hinsicht weit hinter den Jupitersmonden zurück.

John Herschel hat im November 1845 auf eine Eigenthümlichkeit der Umlaufsperiode mehrerer Saturnstrabanten aufmerksam gemacht, die derjenigen der Jupiterssatelliten einigermaassen analog ist. Die Periode des dritten Satelliten ist das Doppelte von jener des ersten und der vierte Mond hat die zweifache Umlaufszeit des zweiten. Diese Commensurabilität der Revolutionen geht bis auf $^1/_{800}$ der längern Periode. Neuerlich hat Pro-

fessor d'Arrest darauf aufmerksam gemacht, dass noch eine andere Periode von $465^3/_4$ Tagen existirt, nach deren Ablauf die vier inneren Saturnsmonde in Bezug auf die Sonne und den Centralkörper wieder genau an derselben Stelle stehen.

Es sind nämlich

494	Umläufe des	ersten	Saturnsmondes	= 465	Tage	18	Stunden
340	„ „	zweiten	„	= 465	„	18	„
247	„ „	dritten	„	= 465	„	18	„
170	„ „	vierten	„	= 465	„	18	„

Uranus.

„Die anerkannte Existenz dieses Weltkörpers," sagt Humboldt, „die grosse Entdeckung von William Herschel, hat nicht bloss die Zahl der seit Jahrtausenden allein bekannten sechs Hauptplaneten zuerst vermehrt und den Durchmesser des planetarischen Sonnengebietes mehr als verdoppelt; sie hat auch durch die Störungen, welche Uranus aus lange unbekannter Ferne erlitt, nach 65 Jahren zu der Entdeckung des Neptun geleitet. Uranus wurde zufällig bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen durch seine kleine Scheibe erkannt, welche unter Vergrösserungen von 460- und 932mal weit mehr zunahm, als dies der Fall war bei anderen daneben stehenden Sternen. Auch bemerkte der scharfsinnige, mit allen optischen Erscheinungen so vertraute Entdecker, dass die Lichtintensität bei starker Vergrösserung in dem neuen Weltkörper beträchtlich abnahm, während sie bei den Fixsternen gleicher (6. bis 7.) Grösse dieselbe blieb."

Als Herschel am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr Abends mit einem 7füssigen Teleskope den Uranus zuerst wahrgenommen hatte, glaubte er, obgleich das Gestirn weder Nebelhülle noch Schweif besass, und eine äusserst langsame Bewegung zeigte, einen Kometen aufgefunden zu haben, und zeigte seine Entdeckung auch unter diesem Namen am 26. April 1781 der Königlichen Gesellschaft in London an.

In Folge dessen wurden sämmtliche ersten Bahnberechnungen unter Voraussetzung einer Parabel ausgeführt, bis am 8. Mai 1781 Saron zuerst zeigte, dass man den Beobachtungen nur mit einer Periheldistanz von mindestens 14 Erdbahnradien genügen könne.

Laplace scheint der Erste gewesen zu sein, der (im August 1781) die Nothwendigkeit erkannte, das neue Gestirn als Planeten anzusehen, dessen mittlere Distanz von der Sonne das 19fache von jener der Erde sei. Méchain und Lexell bestätigten diese Folgerung.

Unter solchen Umständen machte Herschel von den ihm zustehenden Rechte der Benennung Gebrauch und nannte das neue Gestirn Georgium sidus, zu Ehren seines königlichen Gönners Georg III. von England.

Doch fand diese Benennung in der astronomischen Welt wenig Beifall. Vielmehr wünschte Lalande, dass man den Planeten „Herschel" nennen möge, Prosperin schlug den Namen „Neptun", Lichtenberg „Asträa", Poinsonet „Cybele" vor; aber Bode's Benennung „Uranus" hat die Oberhand behalten, und selbst die englischen Astronomen, unter ihnen der Sohn des Entdeckers, haben sich, zum Theil erst seit 1851, dieser Bezeichnung angeschlossen.

Die bald nach der Entdeckung auftauchende Frage, weshalb Uranus nicht bereits früher gesehen worden, da er doch als Stern 6. Grösse erscheint, fand 1784 ihre Beantwortung durch Bode's Auffindung einer ältern Beobachtung des Planeten vom Jahre 1756, bei welcher Tobias Mayer denselben als Fixstern angesehen hatte. Von älteren Beobachtungen des Uranus sind überhaupt bis jetzt aufgefunden worden:

7 Positionsbestimmungen Flamsteed's, aufgefunden von Bode und Burckhardt. 3 Positionsbestimmungen Bradley's, aufgefunden von Bessel und Hugh Breen. 1 Positionsbestimmung von Tobias Mayer, aufgefunden von Bode. 12 Positionsbestimmungen von Lemonnier, aufgefunden von ihm selbst und Bouvard.

Solche Beobachtungen haben im Vereine mit den seit Herschel angestellten, eine verhältnissmässig genaue Ableitung der Bahnelemente des Uranus gestattet.

Die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne beträgt 19,182639; die Excentricität 0,0466109 mit einer Abnahme von

$$(0{,}0000002696 - 0{,}0000000000063\,t)\,t.$$

Die grösste Entfernung von der Erde ist also 419, und die kleinste 343 Millionen Meilen.

Die Dauer der siderischen Revolution ist $30686^d,820830$ oder 84 julianische Jahre 5 Tage 19 Stunden 41 Minuten 59,7 Secunden. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist nur sehr gering, sie beträgt (1800,0) $0^0\,46'\,28'',44$ mit einer Zunahme von $(0,''0189 - 0,''00002231\,t)\,t$. Der aufsteigende Knoten liegt in $72^0\,59'\,14{,}1''$ und rückt tropisch um $(18,''338 - 0'',0001791\,t)\,t$ vor. Die Länge des Perihels ist $167^0\,30'\,22'',62$ mit einer tropischen Zunahme von $(53'',283 + 0'',0000891\,t)\,t$. Nach Zöllner's Messungen ist die mittlere Helligkeit des Planeten $\frac{1}{8486\,000\,000\,000}$, von derjenigen der Sonne, ein Resultat, dessen wahrscheinlicher Fehler 6 Procent beträgt.

Die scheinbare Grösse des Uranus ist noch nicht definitiv bestimmt. Herschel schloss aus seinen Messungen in den Jahren 1781 und 1782, dass der Winkeldurchmesser 4″ betrage. Mädler's genauere Messungen im Herbste 1842 und 1843 ergaben:

Aequatorealdurchmesser 4,276″, Polardurchmesser 3,860″.

Hieraus ergiebt sich eine Abplattung von $\frac{1}{10\,28}$. Obgleich Herschel am 13. October 1782 mit verschiedenen Vergrösserungen keine Ellipticität der Uranusscheibe erkannte, so glaubte er doch später, am 5. März 1792, am 26. Februar 1794 und am 21. April 1795 mit Vergrösserungen

von 240 bis 2500 unzweifelhaft, eine Abplattung wahrzunehmen, und schloss hieraus auf eine schnelle Axendrehung des Planeten. Spätere Beobachtungen mit grossen Instrumenten, besonders von Struve in Pulkowa, haben keine für uns wahrnehmbare Abplattung ergeben. Wenn man indess beachtet, dass die Trabanten der Planeten im Allgemeinen nahe in deren Aequatorealebenen sich bewegen, und bemerkt, dass beim Uranus die beiden innersten Satelliten nahezu gegen seine Bahnebene senkrecht sich bewegen, so folgt, dass die Pole dieses Planeten eine solche Lage haben, bei welcher sie nur selten für unsern Anblick im Rande der Scheibe liegen. Diese wird vielmehr meist durch äquatoreale Regionen gebildet, so dass also durchgängig keine Abplattung wahrnehmbar ist, während solche doch gar wohl existiren kann.

Nach den oben angegebenen Winkelwerthen findet sich:

Aequatorealdurchmesser des Uranus . . 7900 geogr. Meilen
Polardurchmesser " " . . 7100 " "

Der Planet übertrifft die Erde 87mal an Volum, und da seine Masse, die man zuerst zu $\frac{1}{17\,900}$, dann nach Lamont zu $\frac{1}{24\,600}$ annahm, doch $\frac{1}{20\,600}$ der Sonnenmasse ist, so folgt seine mittlere Dichte zu 0,18 von jener der Erde. Der Planet ist also nicht unbedeutend dichter als Saturn und kommt ungefähr dem Jupiter gleich.

Flecke sind auf der kleinen bleichen Scheibe noch nicht wahrgenommen worden. Nur Lassell vermuthete einmal einen dunklen Aequatorealgürtel wahrzunehmen. Derselbe Astronom findet in seinem grossen Teleskope den Uranus beträchtlich kleiner als man bisher annahm; seine Messungen ergeben den Durchmesser zu 3,568″ für die mittlere Entfernung.

Der beiden senkrecht zu einander gestellten Ringe, die Herschel 1787 und 1789 beim Uranus zu erkennen glaubte, muss hier als optischer Täuschung vorübergehend gedacht werden. Am 26. Februar 1792 erblickte der grosse Beobachter das Phänomen abermals $3^1/_2$ Stunden hindurch unverrückbar, schloss aber eben aus dieser Unveränderlichkeit, die mit der täglichen Bewegung des Himmelsgewölbes nicht harmonirte, dass das Ganze nur eine optische Täuschung sei.

Das Spectrum des Uranus ist im März 1869 zuerst von Pater Secchi in Rom beobachtet worden. Es zeigte ganz unerwartete Abweichungen von dem allgemeinen Typus der Planetenspectra. Zuerst besitzt es zwei grosse schwarze Banden, die eine im Blau, die andere im Grün; jene fällt indess nicht mit F und diese nicht mit E des Sonnenspectrums zusammen. In geringem Abstande von dieser letztern Bande verschwindet das Spectrum vollständig und zeigt bis jenseits des Gelb eine breite Lücke. Nur im Roth war ein schwacher Schimmer bemerklich.

Die Satelliten des Uranus gehören zu den am schwierigsten sichtbaren Objecten des Himmels. Herschel hat dieselben nie anders als mit *Front-view*-Teleskopen wahrzunehmen vermocht.

Zwei solcher Monde sah Herschel zuerst am 11. Januar 1787 und überzeugte sich in den folgenden Tagen von ihrer abhängigen Stellung zum Uranus. Weitere Satelliten glaubte er am 18. Januar und 19. Februar 1790, sowie am 28. Februar und 26. März 1794 wahrzunehmen, so dass die Gesammtzahl derselben auf sechs stieg. Die Resultate seiner desfallsigen Beobachtungen veröffentlicht Herschel 1797, die wichtigste Folgerung aus denselben ist die retrograde Bewegung dieser Trabanten. Als Bahnelemente fand der Entdecker:

1. Mond	Umlaufszeit	5^d	21^h	25^m	$20{,}6^s$
2. „	„	8	18		
3. „	„	10	23	9	59
4. „	„	13	11	8	59
5. „	„	38	1	48	
6. „	„	107	16	39	56

Diese Resultate sind, wie Herschel selbst gesteht, nur rohe Annäherungen und hergeleitet bloss aus einzelnen Schätzungen der Abstände vom Uranus. In einer Abhandlung vom 15. Juni 1815 verbesserte der berühmte Beobachter die gegebenen Umlaufszeiten für den 2. und 4. Mond, von denen er den erstern als den glänzendern bezeichnete, dessen Helligkeit jedoch Schwankungen erleide. John Herschel sah zuerst diese beiden Monde wieder in den Jahren 1828, 1830 bis 1832, und seine Beobachtungen ergaben folgende Umlaufszeiten:

1. Mond	8^d	16^h	56^m	$31{,}3^s$
2. „	13	11	7	12,6

Lamont hat einige Jahre später diese Gestirne ebenfalls aufgefunden und gibt als Umlaufszeiten derselben

1. Mond	8^d	16^h	56^m	$28{,}5^s$	bei einer mittleren Entfernung von 31,3″
2. „	13	11	7	6,3	„ „ „ „ „ 40,1″

Diese Rechnungen beziehen sich auf kreisförmige Bahnen, doch glaubt Lamont, dass dieselben in der That merklich excentrisch sind. Die vollständigen Untersuchungen über dieses entlegene Trabantensystem verdankt man den Beobachtungen Lassell's auf Malta. Nach ihm sind überhaupt nur vier Uranussatelliten vorhanden, und die übrigen von Herschel als solche bezeichneten waren keine Fixsterne. Lassell's beide innersten Monde konnte Herschel niemals wahrnehmen, sie liegen dem Planeten näher als sein erster Satellit. Nichtsdestoweniger hat Lassell dieselben häufig bei hellem Mondscheine gesehen, wodurch seine Behauptung, dass ausser jenen vier kein anderer Trabant vorhanden sei, allerdings sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Die genäherten Elemente der Bahnen sind folgende:

1. Trabant (Ariel) Umlaufszeit	2^d	12^h	29^m	$20{,}7^s$
2. Trabant (Umbriel) Umlaufszeit	4	3	28	7,5
3. Trabant (Titania) Umlaufszeit	8	16	56	25,6
4. Trabant (Oberon) Umlaufszeit	13	11	6	55,4

Die mittleren Distanzen dieser vier Monde vom Centrum des Uranus sind resp. 14,79″, 20,61″, 33,88″, 45,2″, woraus nach Hind's Rechnung die oben angegebene Masse des Hauptplaneten folgt.

Merkwürdig ist der Umstand, dass wenigstens die beiden äussersten Trabanten des Uranus rückläufig sind. Es ist dies der einzige bekannte Fall im ganzen Planetensysteme. Hoffentlich wird die Bearbeitung der in den letzten Jahren von Marth mittelst des Lassell'schen Reflectors angestellten Trabanten-Beobachtungen nicht mehr lange auf sich warten lassen, wodurch unsere Kenntnisse dieses merkwürdigen Satellitensystems endlich einigermaassen zuverlässigere werden.

Neptun.

Dieser erste durch analytische Combinationen vor seiner praktischen Auffindung theoretisch als vorhanden erkannte Planet, bezeichnet gegenwärtig die äusserste Grenze unserer planetarischen Welt.

Als Alexis Bouvard 1821 seine Uranustafeln publicirte, sprach er zuerst aus, dass sämmtliche vorhandenen Beobachtungen sich nicht durch ein und dasselbe System von Elementen darstellen liessen. Der berühmte Rechner liess es unentschieden, ob diese Differenzen thatsächlich aus der Ungenauigkeit der älteren Beobachtungen oder aus irgend einer andern, den Lauf des Uranus beeinflussenden Ursache entstanden. Später neigte sich Bouvard der Annahme eines unbekannten störenden Planeten zu und ging, als die nächsten Jahre nach Veröffentlichung seiner Tafeln abermals Abweichungen zeigten, mit dem Plane um, durch eine umgekehrte Störungsrechnung möglicher Weise die Bahn des störenden Körpers zu bestimmen.

Bessel beschäftigte sich gegen Ende der dreissiger Jahre mit demselben Probleme und hatte bereits eine Reduction sämmtlicher vorhandenen Beobachtungen vornehmen lassen.

Unter diesen Umständen forderte Arago den derzeitigen Lehrer am Collége Stanislas in Paris, Urban Leverrier, auf, sich mit dem Problem der Uranusbewegung zu beschäftigen.

Leverrier begann seine Arbeiten im Sommer 1845 und legte die Resultate derselben am 10. November 1845, am 1. Juni und am 31. August 1846 der pariser Akademie vor. Am 8. September sandte er seine Recherches sur les mouvement d'Uranus an Schumacher nach Altona und forderte eine Woche später Galle in Berlin auf, sich im Sternbilde des Wassermannes nach einem neuen Planeten umzusehen, dessen heliocentrische Länge für 1847 Januar 1,0 er zu 327° 24′ angab.

In der That fand Galle am 23. September, demselben Tage, an welchem ihm Leverrier's Aufforderung zuging, den Planeten nur 55′ von der ihm angewiesenen Stelle entfernt. Diese Auffindung wurde zum Theil durch die Berliner akademische Sternkarte hora XXI, die eben vollendet war, ermöglicht.

Leverrier hatte sich bei seinen Untersuchungen des merkwürdigen Gesetzes bedient, das sich in den Abständen der bekannten Planeten ausspricht. Da aber die Grösse der Störung von Masse und Distanz des störenden Körpers zugleich abhängt, und eines dieser Elemente für sich allein nicht aus den Beobachtungen zu entwickeln war, so musste die Umlaufszeit und Masse des Planeten in dem Maasse aus der theoretischen Untersuchung fehlerhaft hervorgehen, als das ebengenannte Titius'sche Gesetz bei demselben Planeten von der Wahrheit abwich.

Leverrier's Elemente, wie er sie am 31. August 1846 in den Comptes rendus publicirte, sind folgende:

Halbe grosse Axe	36,154
Excentricität	0,10761
Umlaufszeit	217,387 Jahre
Länge des Perihels	284° 45′
Masse	$\frac{1}{9300}$
Mittlere Länge	318° 47′

Epoche 1847 Januar 1,0.

Für die genauere Bahnbestimmung war Petersen's Auffindung einer frühern Beobachtung des neuen Planeten durch L. Lalande (am 10. Mai 1795 als Stern 8. Grösse), sowie einer andern von demselben Astronomen zwei Tage früher angestellten, die dieser aber, wie Mauvais zuerst bemerkte, wahrscheinlich wegen mangelnder Uebereinstimmung mit der zweiten, unterdrückt hatte, von sehr grosser Wichtigkeit.

Hind hat später gezeigt, dass Lamont bei seinen Zonenbeobachtungen, um dieselbe Zeit als Leverrier sich mit der Bahnbestimmung beschäftigte, den Planeten beobachtet hat: am 25. October 1845 als Stern 9. Grösse und am 7. September 1846 als Stern 8. Grösse.

Kowalsky's Berechnung zeigte bald evident die ungemeine Abweichung des Titius'schen Gesetzes bei dem neuen Planeten, so dass Leverrier's Umlaufszeit um fast $^1/_3$ zu gross ist.

Nach den Untersuchungen von Newcomb sind für 1850 Januar 0, mittl. Zt. v. Greenwich, die Bahnelemente des Neptun folgende:

Halbe grosse Axe 30,07055; Umlaufszeit 164,782 julianische Jahre; Länge des Perihels 43° 17′ 30,30″; Länge des aufsteigenden Knotens 130° 7′ 31,83″; Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 1° 47′ 1,67″; Excentricität 0,0084962. Die mittlere Oppositionshelligkeit des Neptun beträgt nach Zöllner's Messungen $\frac{1}{79\,620\,000\,000\,000}$ der mittleren Sonnenhelligkeit.

Für die Masse des Planeten hatte, wie bereits angegeben, Leverrier theoretisch $\frac{1}{9300}$ der Sonnenmasse gefunden. Die späteren Beobachtungen haben diesen Werth erheblich modificirt.

Bond findet aus seinen Beobachtungen des Neptuntrabanten $\frac{1}{19\,400}$, O. Struve auf gleichem Wege $\frac{1}{14\,446}$, Lassell $\frac{1}{17\,000}$, Hind und Herschel

ziehen $\frac{1}{18\,780}$, Adams $\frac{1}{20\,897}$ vor. Peirce findet $\frac{1}{19\,840}$. Neuerdings hat Safford aus den Störungen des Uranus einen neuen Werth abgeleitet, nämlich $\frac{1}{20039 \pm 295}$, der mit dem von Newcomb gefundenen $\frac{1}{21\,000}$ gut harmonirt.

Auf der pariser Sternwarte bestimmte man kurz nach Entdeckung des Planeten seinen scheinbaren Durchmesser zu 2,5″; Enke und Galle fanden 2,70″, Challis 3,07″, Lassell 2,230″, Mädler 1846 2,559″, Mitchell um dieselbe Zeit 2,523″. Aus diesen Messungen ergiebt sich, dass der wahre Durchmesser nicht viel von 2,7″ verschieden sein kann, was auf 8100 geographische Meilen führt. Die mittlere Dichte ist 0,13, also derjenigen des Uranus nahe gleich.

Eine Abplattung wurde beim Neptun bisher ebenso wenig als Flecke auf seiner Oberfläche bemerkt. Das Spectrum des Neptun enthält drei Hauptbanden. Die erste und schärfste findet sich auf der Gränze zwischen dem Grün und Gelb, etwa in der halben Distanz zwischen D und b. Sie ist ziemlich breit und an den Gränzen verwaschen. Von hier gegen den rothen Theil des Spectrums fortschreitend, findet man eine gelbe, ziemlich helle Bande, welche plötzlich das Spectrum abzubrechen scheint, so dass das Roth ganz fehlt. Dieses Fehlen ist nach Secchi wahrscheinlich kein scheinbares und hervorgerufen durch die Lichtschwäche des rothen Theiles, da Sterne von derselben Helligkeit wie Neptun das Roth sehr schön zeigen. Das Fehlen dieser Farbe im Spectrum des Neptun kann also nur einer Absorption zugeschrieben werden. Die zweite Absorptionsbande befindet sich an Stelle der Linie b, sie ist schlecht begränzt und schwierig aufzufassen. Die dritte befindet sich im Blau in einem grösseren Abstande als ein Drittel von der, welche die beiden vorhergehenden von einander trennt. Sie ist noch schwächer als die vorhergehende.

Pater Secchi macht noch darauf aufmerksam, dass die Beobachtung des Neptun mittelst des grossen Merz'schen Refractors unter dem heitern Himmel Roms, bei 350maliger Vergrösserung deutlich zeige, dass dieser Planet keine scharfe, sondern eine verwaschene, nebelartige Begränzung besitze.

Lassell und Challis glaubten bald nach Auffindung des Planeten diesen von einem Ringe umgeben zu erblicken. Doch hat sich diese Wahrnehmung in der Folge nicht bestätigt, wohl aber die Existenz eines Neptuntrabanten, der in den ersten Tagen des August 1847 von Lassell aufgefunden wurde. Der Entdecker sah ihn zum ersten Male in einem 20füssigen Spiegelteleskope bei 205- bis 300facher Vergrösserung. F. W. Struve in Pulkowa bestätigte die Entdeckung durch Beobachtungen vom 11. September bis 20. December 1847 und Bond sah gleichfalls den Satelliten am 16. September 1847.

Nach August Struve's Berechnung sind die Bahnelemente dieses Satelliten folgende:

Halbe grosse Axe . . . . . 17,95″
Excentricität 0,02016
Umlaufszeit . . . . $5^d\ 21^h\ 4^m\ 9^s$
Neigung gegen die Ekliptik. 34° 7′ 1″
Aufsteigender Knoten . . . 299° 1′ 6″
Perihel vom Knoten . . . . 57° 48′ 24″.

Bond findet die mittlere Entfernung 16,3″ und die Umlaufszeit $5^d\ 21^h\ 5^m\ 50{,}6^s$.

Am 14. August 1850 glaubte Lassell bei 628maliger Vergrösserung einen zweiten Neptuntrabanten zu sehen, doch spricht er sich, in Folge seiner neuesten auf Malta angestellten Beobachtungen definitiv gegen das Vorhandensein eines solchen aus, der eine den übrigen bekannten Monden noch vergleichbare Grösse besitze.

Der Neptuntrabant ist leichter sichtbar wie die Uranusmonde und scheint demnach diesen an Grösse bedeutend überlegen zu sein.

Schliesslich muss hier noch der Ansprüche gedacht werden, welche kurz nach Auffindung des Neptun von England aus an diese Entdeckung erhoben wurden. Hier hatte sich, fast gleichzeitig mit Leverrier, Adams an die Untersuchung der Uranusbahn gemacht, und bereits im September 1845 Resultate erhalten, die er Challis, und mit einigen Correctionen einen Monat später Airy vorlegte. Sie umfassten eine ähnliche, in gewissen Punkten genauere Lösung des Problems, als Leverrier ein Jahr später gab. Challis forschte in der von Adams bezeichneten Region des Himmels nach und notirte in der That die Position des neuen Planeten, wie sich später ergab, am 4. und 12. August, ohne jedoch bis zum darauffolgenden September Zeit zu finden, seine Beobachtungen zu einer detaillirten Karte jener Himmelsgegend zusammenzusetzen, die damals nur in Berlin vorhanden war. Inzwischen aber überflügelte Galle's glückliche Entdeckung die Arbeit von Challis.

Nichtsdestoweniger hat man Unrecht, dem englischen Mathematiker jeden Antheil an Entdeckung des Neptun absprechen zu wollen, wie dies von Seiten Arago's geschehen ist. Die Palme gehört rechtlich beiden Astronomen, indem es ebensowenig Leverrier's Verdienst war, das Neptun vor Ende September praktisch aufgefunden wurde, als Adams die Schuld trifft, dass Challis bis zu jenem Zeitpunkte den Planeten zwar fand, aber nicht sofort erkannte.

Aus Newcomb's neuesten Untersuchungen der Bahn des Neptun geht hervor, dass bis jetzt noch keine Nothwendigkeit vorliegt, die Existenz eines transneptunschen Planeten anzunehmen.

Die Kometen.

Die Kometen bilden einen wichtigen, aber lange Zeit hindurch sehr vernachlässigten Theil unseres Sonnensystems. Es mag wohl wenig Naturerscheinungen geben, welche einst einen gleich schreckenerregenden Eindruck auf den Menschen machten, und welche als so untrügliche Vorboten von Unglück und Missgeschick aller Art angesehen wurden, wie die am nächtlichen Himmel von Zeit zu Zeit auftauchenden Haarsterne. Aber trotzdem man mit Recht schon seit Jahrhunderten jeden Zusammenhang der Kometen mit irdischen Phänomenen aufgegeben hat, so herrschte doch bis herab zur Gegenwart über die wahre Natur und Stellung dieser seltsamen Himmelskörper noch sehr grosses Dunkel, und gerade diejenigen Schlüsse, zu welchen man durch Combination der mit beharrlicher Ausdauer verfolgten Phänomene gelangt war, haben durch die neuesten Untersuchungen ven Schiaparelli, Leverrier, Weiss u. A. eine sehr starke Erschütterung erlitten.

Wenn scharfsinnige Denker und Forscher des classischen Alterthums wie Aristoteles in den Kometen nur ephemere Erscheinungen sahen, und Hevel und Kepler noch diesen Ansichten mehr oder minder beipflichteten; wenn Mästlin, Tycho de Brahe und Dörfel die Haarsterne zuerst, den Planeten vergleichbar, für wahre Himmelskörper erklärten; wenn später die fortschreitende Wissenschaft ihnen dauernde Existenz wie den alten Wandelsternen, die in elliptischen Bahnen einhergehen, zuschrieb; so ist die neueste Forschung zu Resultaten gelangt, die sich fast wie vermittelnd zwischen den Anschauungen zweier Jahrtausende ausnehmen.

Der Betrachtung der individuellen Verhältnisse der Kometen schicke ich hier vorauf ein Verzeichniss der bis jetzt erschienenen Gestirne dieser Art, so weit sich einigermaassen Zuverlässiges hierüber in den Annalen der Völker — vor Allen für die ältesten Zeiten, der Chinesen — aufgezeichnet finden. Kataloge dieser Art können für die früheren Epochen, sobald man über das sechzehnte Jahrhundert hinaufsteigt, nur eine relative Vollständigkeit beanspruchen; einestheils, weil die älteren kometari-

schen Nachrichten ungemein mangelhaft sind und, durch die abergläubigsten Vorstellungen verunstaltet, jeder Kritik entbehren, dann aber auch weil vor der Erfindung des teleskopischen Sehens und seiner exacten Benutzung in der neuern Astronomie nur diejenigen Haarsterne vermerkt wurden, die durch ihren Glanz das Auge des gewöhnlichen Mannes unwillkührlich auf sich zogen. Durch consequente, absichtliche Bemühungen hervorgerufene Kometenentdeckungen kommen zudem vor Hevel und Bianchini nicht vor.

Man ersieht aus dem Verzeichnisse unmittelbar, in welcher Weise sich im Laufe der Jahrhunderte der Fortschritt der kometarischen Astronomie gestaltete, von den ersten Zeiten ab, wo dürftige Notizen kaum über den Tag der Sichtbarkeit eines Schweifsternes belehren, bis herab zu den beiden letzten Jahrhunderten, in welchen aus möglichst fehlerfreien Positionsbestimmungen sämmtliche Elemente der Kometenbahnen abgeleitet werden. Nur bei sehr wenigen älteren Kometen sind die Beobachtungen zahlreich genug, um aus denselben genäherte parabolische Elemente ableiten zu können, und zudem ist meist noch die herausgebrachte Parabel ein blosses Rechnungsresultat, dem die Wirklichkeit nur innerhalb sehr weit gezogener Grenzen zu entsprechen braucht. Rechnungen über den Lauf und die Bahn der Schweifsterne finden sich selbstverständlich in den früheren Zeiten nicht. Die unrichtige Ansicht Kepler's, der die Kometen in geraden Linien sich bewegen liess, wurde schon durch Hevel verbessert, der an die Parabel dachte, aber erst 1680 sprach es Dörfel klar aus, dass die Schweifsterne in parabolischen Linien einhergehen, in deren Brennpunkte die Sonne sich befindet. Newton versuchte unter dieser Voraussetzung zuerst eine Bahnberechnung bei dem grossen Kometen von 1680, allein sein zum Theil graphisches Verfahren war noch so unvollkommen, dass er selbst von der Lösung des schwierigen Problems wenig erbaut blieb. Erst im Jahre 1705 gab Halley bessere Methoden, aus drei vollständigen Beobachtungen eine Kometenbahn zu bestimmen. Aus seinen Rechnungen über die Bahnen von 24 Kometen schloss er auf die Periodicität eines derselben, der also in einer excentrischen Ellipse einher ging. Clairaut's genauere Untersuchungen bestätigten die Voraussage und seit jener Zeit hat die Theorie der Bahnbestimmung der Kometen jene grossen Fortschritte gemacht, die wir an den betreffenden Arbeiten von Bessel, Argelander, Leverrier u. A. bewundern.

(Siehe das Verzeichniss der Kometen auf Seite 192.)

Die nachstehende Tafel sämmtlicher einigermaassen sichern Kometenerscheinungen seit dem Jahre 468 vor Beginne unserer Zeitrechnung weist 660 Phänomene dieser Art nach, von denen, nach Abzug der bloss teleskopischen 429 übrig bleiben, die dem blossem Auge sichtbar waren, also für je fünf bis sechs Jahre Einer. Nach dem Kataloge von Dr. Ph. Carl, der für die früheren Jahrhunderte einige Erscheinungen mehr ent-

hält als der obige — was in individuellen Ansichten über die Glaubwürdigkeit älterer Nachrichten seinen Grund hat — erhält man als Anzahl der dem blossen Auge sichtbaren Kometen für die verschiedenen Jahrhunderte folgende Zahlen:

Zeitperiode	Zahl der Kometen	Zeitperiode	Zahl der Kometen
612 bis 400 v. Chr.	3	600 bis 699 n. Chr.	21
499 „ 300 „	6	700 „ 799 „	13
399 „ 300 „	7	800 „ 899 „	31
299 „ 200 „	5	900 „ 999 „	20
199 „ 100 „	18	1000 „ 1099 „	28
99 „ 0 „	14	1100 „ 1199 „	22
0 „ 99 n. Chr.	21	1200 „ 1299 „	25
100 „ 199 „	18	1300 „ 1399 „	31
200 „ 299 „	35	1400 „ 1499 „	35
300 „ 399 „	21	1500 „ 1599 „	23
400 „ 499 „	19	1600 „ 1699 „	12
500 „ 599 „	24	1700 „ 1799 „	36

Diese Zahlen zeigen eine auffallende Verschiedenheit selbst für diejenigen Jahrhunderte, aus denen einigermassen vollständige Nachrichten vorliegen, und man legt sich unwillkürlich die Frage vor, weshalb in dem Zeitraume von 1400 bis 1499 nahe dreimal so viele grosse Kometen erschienen als während der gleichlangen Epoche von 1600 bis 1699. Wären die Kometen ohne eine gewisse feste Ordnung durch den Weltraum zerstreut, so müsste bei ihrer ungeheuer grossen Anzahl nach den Regeln des Wahrscheinlichkeitscalcüls die Summe sämmtlicher Erscheinungen dieser Art während zweier Jahrhunderte nahe die gleiche sein. Da dies nicht der Fall ist, darf man mit Recht schliessen, dass die Vertheilung der zahllosen Kometen im Raume und ihre periodische Sichtbarkeit für die Erde Gesetzen unterworfen ist, von denen wir gegenwärtig noch nichts Bestimmtes wissen. Bruhns hat auf die Seltenheit der Kometen in den Jahren 1843, 1844, 1856, 1865 und 1866 aufmerksam gemacht. „Nehme ich an,“ sagt dieser verdienstvolle Beobachter, „dass seit 1842 gleichmässig nach Kometen gesucht worden ist, so findet sich — die periodischen Kometen nicht mitgezählt — zwischen den Perihelien von Komet II 1843 und Komet II 1844 ein Zeitraum von über 17 Monaten, zwischen den Perihelien von Komet IV 1855 und Komet I 1857 ein Zeitraum von 16 Monaten und endlich zwischen den Perihelien von Komet I 1865 und Komet I 1867 ein Zeitraum von 24 Monaten. In diesen 24 Jahren kommt

Tafel der erschi

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit		Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel-Distanz
		v. Chr.	alter Styl				
1		468					
2		432					
3		428					
4	1	372		150° — 210°	270° — 330°	> 30°	klein
5		360					
6		345					
7		344					
8		341					
9		304					
10		302					
11		295					
12		239					
13		237					
14		233					
15		203					
16		171					
17		156					
18		155					
19		148					
20		146					
21		138					
22	1 a	137	April 29.	230°	220°	20°	1,010
23		136					
24		134					
25		120					
26		118					
27		110					
28		110					
29		108					
30		102					
31		86					

nen Kometen.

albe osse ixe	Excen-tricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						zur Zeit des Anaxagoras in Griechenland gesehen.
						nach chinesischen Berichten.
						von Aristoteles erwähnt.
			R		Pingré	in Griechenland gesehen.
						in China gesehen.
						nach römischen Berichten.
						von Diodor erwähnt.
						in Griechenland gesehen.
						in China gesehen.
						„
						„
						„ im Sommer.
						„ im Mai.
						„ im Februar.
						„ im August.
						„
						„ im October.
						„
						„ im October.
						„
						„ im Herbste.
			R		Peirce	„
						in Europa gesehen.
						„ China „
						„ „ „
						„ Europa „
						„ China „
						„ „ „
						„ „ „
						„ „ „
						„ „ „

Tafel der ersch

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	[Perihel-Distanz]
		v. Chr.	alter Styl					
32		84						
33		75						
34	1b	69	Juli		315°	5°	70°	0,79
35		62						
36		48						
37		43						
38		43						
39		42						
40		31						
41		29						
42	1c	12	Oct. 8.	19^h 19^m 0^s	280	28	10	0,583
43		3						
		n. Chr.						
44		10						
45		14						
46		19						
47		22						
48		39						
49		54						
50		56						
51		60						
52		62						
53		64						
54		65						
55	1d	66	Jan. 14.	4 57	325 0	32 40	40 30	0,445
56		69						
57		75						
58		76						
59		77						
60		79						
61		110						

nen Kometen.

ng)

lbe sse ke	Excen-tricität	Umlaufs-zeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China im Frühling
						„ Italien gesehen
			D		Peirce	„ China „
						„ Europa „
						„ China (in der Cassiopeja)
						„
						„ Rom im Septbr. gesehen
						„ „ „
						„ China „
						„ Rom „
			R		Hind	„ China (in d. Zwillingen)
						„ „ im Frühling
						„ Italien gesehen
						„ „ u. China „
						„ China „
						„ „ im December „
						„ „ „ April „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ „ Frühling „
						„ „ „
						„ Italien „
						„ China u. Italien „
						„ „ „
			R		Hind	„ „ „
						„ Europa „
						„ China im Juli „
						„ „ u. Italien „
						„ „ 106 Tage!. „
						„ Italien „
						„ China im Januar „

Tafel der ersch

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel distanz
		n. Chr.	alter Styl					
62		117						
63		132						
64	1	141	März 29.	$2^h\ 33^m$	251° 55′	12° 50′	17° 0′	0,729
65		148						
66		161						
67		161						
68		178						
69		180						
70		180						
71		182						
72		188						
73		190						
74		192						
75		193						
76		200						
77		204						
78		207						
79		213						
80		218						
81		225						
82		232						
83		236						
84		238						
85	1f	240	Nov. 10.		271	189	44	0,37
86		245						
87		247						
88		248						
89		248						
90		251						
91		252						
92		253						

ıen Kometen.

ng)

lbe sse ke	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China im Januar gesehen.
						„ „ u. Italien „
			R		Hind	„ „ im April „
						„ „ „ October „
						„ „ „ Febr. „
						„ „ „ Juni „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ „ August „
						„ „ „ Novbr. „
						„ „ „ — „
						„ „ „ Frühling „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ „ „ Novbr. „
						„ „ „ „ „
						„ „ „ „ „
						„ „ „ Febr. „
						„ „ „ Jan. „
						„ „ „ April „
						„ „ „ Dec. „
						„ „ „ „ „
						„ „ „ „ „
						„ „ — „
			D		Burckhardt	„ „ im Novbr. „
						„ „ „ Sept. „
						„ „ „ Jan. „
						„ „ „ April „
						„ „ „ August „
						„ „ — „
						„ „ im Frühlinge „
						„ „ „ Decbr. „

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit		Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri dist
		n. Chr.	alter Styl				
93		255					
94		257					
95		262					
96		265					
97		268					
98		268					
99		269					
100		275					
101		276					
102		277					
103		278					
104		279					
105		281					
106		283					
107		287					
108		290					
109		295					
110		300					
111		301					
112		302					
113		303					
114		305					
115		329					
116		336					
117		340					
118		343					
119		350					
120		358					
121		363					
122		373					
123		374					

nen Kometen.

ung.)

albe osse ıxe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China im Januar gesehen
						" " — "
						" " im Dec. "
						" " " Juni "
						" " " Febr. "
						" " " Herbste "
						" " " " "
						" " " Jan. "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " im Herbste "
						" " " Febr. "
						" " " " "
						" " (in d. Jungf.) "
						" " " Jan. "
						" " " Juli "
						" " " August "
						" " "
						" " " Jan. "

Tafel der ersc[h]

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perih[el-] dista[nz]
		n. Chr.	alter Styl					
124		389						
125		390						
126		392						
127		395						
128		400						
129		401						
130		402						
131		415						
132		418						
133		419						
134		420						
135		422						
136		423						
137		432						
138		436						
139		442						
140		449						
141		451						
142		467						
143		499						
144		501						
145		507						
146		519						
147		520						
148		524						
149		530						
150		534						
151	2	539	Octbr. 20.	$15^h\ 0^m$	$313^0\ 30'$	58^0 od. 238^0	$10^0\ 0'$	0,34
152		556						
153		560						
154		563						

…en Kometen.

…ng.)

…albe …osse …xe	Excen-tricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in Europa im Jan. gesehen.
						" " " Aug. "
						" China — "
						" " im Aug. "
						" " " Frühlinge "
						" " " Jan. "
						" Europa — "
						" China — "
						" " — "
						" " im Febr. "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " — "
						" " im Sommer "
						" Europa " Nov. "
						" China — "
						" " im Sommer "
						" Europa — "
						" " — "
						" China im Febr. "
						" " " Herbst "
						" Europa — "
						" China im Oct. "
						" Europa — "
						" " — "
						" China — "
			D		Burckhardt	" " im Nov. "
						" Europa " " "
						" China " Oct. "
						" Europa — "

Tafel der erschi[illegible]

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit					Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel-distanz
		n. Chr.	alter Styl							
155	3	565	Juli 14.	12^h	0^m	0^s	80° 0′	159° 30′	59° 0′	0,8317[illegible]
156		566								
157		568								
158	4	568	Aug. 29.	7	5	10	318 35	294 15	4 8	0,9073[illegible]
159	5	574	April 7.	6	52	34	143 39	128 17	46 31	0,9629[illegible]
160		575								
161		581								
162		582								
163		584								
164		588								
165		595								
166		602								
167		605								
168		607								
169		607								
170		608								
171		615								
172		617								
173		617								
174		626								
175		632								
176		634								
177		641								
178		663								
179		667								
180		668								
181		673								
182		676								
183		681								
184		683								
185		684								

…en Kometen.

…ng).

…lbe …sse …xe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R		Burckhardt	in China — gesehen.
						„ Europa im Nov. „
						„ China „ Sommer „
			D		Laugier	„ „ — „
			D		Hind	„ „ im Sommer „
						„ „ „ Frühling „
						„ „ „ Jan. „
						„ Europa — „
						„ „ — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ „ — „
						„ China im Frühling „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ „ „ „ „
						„ „ „ „ „
						„ „ „ Sommer „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ im April „
						„ „ — „

Tafel der erschi[...]
(Fo[...]

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel-distanz
		n. Chr.	alter Styl					
186		707						
187		708						
188		711						
189		712						
190		729						
191		730						
192		738						
193		744						
194		760						
195		762						
196		767						
197		770						
198	6	770	Juni 6.	$15^h\ 30^m\ 58^s$	2° 8′	88° 54′	59° 31′	0,6027
199		813						
200		815						
201		817						
202		821						
203		828						
204	7	837	März 1.		289 3	206 33	10° — 12°	0,58
205		837						
206		838						
207		839						
208		839						
209		840						
210		841						
211		852						
212		855						
213		857						
214		858						
215		864						
216		866						

...enen Kometen.

...tzung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China — gesehen.
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China im August „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ „ „ Frühlinge „
						„ Europa — „
						„ China im Mai „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ im Mai „
			R		Hind	„ „ „ Juni „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ im Herbste „
			R		Pingré	„ „ „ Frühlinge „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ im Frühlinge „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ Europa „ Frühlinge „
						„ „ „ Sommer „
						„ „ — „

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel-distanz
		n. Chr.	alter Styl					
217		868						
218		869						
219		873						
220		875						
221		877						
222		878						
223		885						
224		886						
225		891						
226		892						
227		893						
228		894						
229		895						
230		904						
231		905						
232		912						
233		913						
234		923						
235		926						
236		930						
237		931						
238		936						
239		939						
240		941						
241		943						
242		956						
243		959						
244	8	961	Dec. 30.	$3^h\ 59^m\ 46^s$	268° 3′	350° 35′	79° 33′	0,5519
245		975						
246		981						
247	9	989	Sept. 12.		264	84	17	0,5683

nen Kometen.

ung.)

albe rosse Axe	Excen-tricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in Europa im Jan. gesehen.
						„ „ „ Herbste „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China im Sept. „
						„ „ „ Nov. „
						„ „ „ Frühlinge „
						„ Europa — „
			R		Hind	„ China — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
			R		Burckhardt	„ China — „

Tafel der ersch…

Nr.	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Periheldistanz
		n. Chr.	alter Styl					
[illegible]		[illegible]						
[illegible]		[illegible]						
[illegible]		[illegible]						
[illegible]		1003						
[illegible]		1005						
[illegible]	[illegible]	1006	März 22.	0^h 0^m	304° 30′	38°	17° 30′	0,583…
[illegible]		1013						
[illegible]		1017						
[illegible]		1018						
[illegible]		1019						
[illegible]		1024						
[illegible]		1033						
[illegible]		1034						
[illegible]		1035						
[illegible]		1041						
[illegible]		1042						
[illegible]		1046						
[illegible]		1049						
[illegible]		1056						
[illegible]		1058						
[illegible]		1060						
[illegible]	[illegible]	1066	April 1.		264 55	25 50	17 0	0,72
[illegible]		1075						
[illegible]		1080						
[illegible]	[illegible]	1092	Febr. 15.		156 20	125 40	28 55	0,9281
[illegible]		1094						
[illegible]	[illegible]	1097	Sept. 21.	21 36	332 30	207 30	73 30	0,7384
[illegible]		1098						
[illegible]		1101						
[illegible]		1106						
[illegible]		1109						

en Kometen.

ng.)

be sse te	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China — gesehen
						„ Europa — „
						„ China im Febr. „
						„ „ „ Nov. „
						„ „ — „
			R		Pingré	„ Europa — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ „ — „
					Hind	„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
			D		„	„ „ — „
						„ Europa — „
			D		Burckhardt	„ China — „
						„ Europa „
						„ China im Jan. „
						„ „ „ Febr. „
						„ Europa „ Decbr. „

Tafel der ers[...]

Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri[...] dist[...]
	n. Chr.	alter Styl					
	1109						
	1114						
	1125						
	1126						
	1128						
	1132						
	1132						
	1138						
	1142						
	1145						
	1147						
	1155						
	1156						
	1162						
	1165						
	1181						
	1198						
	1204						
	1206						
	1211						
	1214						
	1217						
	1222						
	1223						
	1230						
	1231	Jan. 30.	$7^h\ 22^m\ 0^s$	134° 48′	13° 30′	6° 5′	0,9[...]
	1232						
	1240						
	1250						
	1254						
	1264	Juli 19	19 12 0	300 29	140 55	16 29	0,82[...]

nen Kometen.

ung.)

albe osse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in Europa — gesehen.
						„ im Frühling „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ im Decbr. „
						„ „ „ Jan. „
						„ „ „ Octbr. „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ „ Decbr. „
						„ „ „ April „
						„ „ „ Febr. „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ — „
			D		Pingré	„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ „ — „
			D		Hoek	„ China — „

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit					Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel-distan
		n. Chr.	alter Styl							
310		1265								
311		1266								
312		1269								
313		1273								
314		1274								
315		1277								
316		1285								
317		1293								
318		1298								
319	14	1299	März 31.	7^h	38^m	0^s	3^0 20′	107^0 8′	68^0 57′	0,3179
320	15	1301	Octbr. 24.	0	0	0	312 0	138 0	13 0	0,64
321		1304								
322		1305								
323		1313								
324		1314								
325		1315								
326		1334								
327	16	1337	Juni 15.	1	55	12	2 20	93 1	40 28	0,8282
328		1338								
329		1340								
330		1345								
331		1347								
332	17	1351	Nov. 26.	12	0	0	69 0	—	—	1,00
333		1356								
334		1360								
335	18	1362	März 2.	8	0	0	227 0	237 0	32 0	0,4700
336		1362								
337		1363								
338	18 a	1366	Octbr. 13.	0	0	0	66 0	212 0	6 0	0,9581
339		1368								
340		1371								

nen Kometen.

ung.)

albe rosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China — gesehen.
						,, ,, — ,,
						,, Europa — ,,
						,, China im Decbr. ,,
						,, Europa — ,,
						,, China — ,,
						,, Europa — ,,
						,, China — ,,
						,, ,, — ,,
			R		Pingré	,, ,, — ,,
			R		Laugier	,, ,, — ,,
						,, ,, — ,,
						,, Europa — ,,
						,, China im Frühlinge ,,
						,, Europa ,, Octbr. ,,
						,, ,, ,, Winter ,,
						,, China — ,,
			R		Laugier	,, ,, u. Europa ,,
						,, ,, ,, ,,
						,, ,, ,, ,,
						,, Europa — ,,
						,, ,, — ,,
			D		Burckhardt	,, China u. Europa ,,
						,, ,, ,, ,,
						,, ,, ,, ,,
			R		,,	,, ,, ,, ,,
						,, ,, im Sommer ,,
						,, ,, ,, Frühlinge ,,
			?		Peirce	,, ,, — ,,
						,, ,, — ,,
						,, Europa — ,,

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihe distan
		n. Chr.	alter Styl					
341	19	1378	Nov. 8.	18h 28m 48s	299° 31′	47° 17′	17° 56′	0,5835
342		1380						
343		1382						
344		1382						
345	20	1385	Oct. 16.	6 23 46	101 47	268 31	52 15	0,7737
346		1391						
347		1399						
348		1402						
349		1402						
350		1406						
351		1408						
352		1429						
353		1431						
354		1432						
355	21	1433	Nov. 4.	10 19 12	281 2	133 49	79 1	0,3394
356		1436						
357		1439						
358		1444						
359		1450						
360		1452						
361		1454						
362	(19)	1456	Juni 8.	22 10 0	301 0	48 30	17 56	0,5855
363	22	1457	Septbr. 3.	17 0 0	92 50	256 5	20 20	2,103
364		1459						
365		1460						
366		1463						
367		1465						
368		1468						
369	22a	1468	Oct. 7.	9 59 2	356 3	61 15	44 19	0,8533
370		1471						
371	23	1472	Febr. 28.	5 22 34	48 3	207 32	1 55	0,5645

nen Kometen.
ung.)

albe rosse Axe	Excen-trici-tät	Um-laufs-zeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R		Laugier	in China gesehen.
						„ Europa u. Japan „
						„ „ u. China „
						„ China im August „
			R		Hind	„ „ — „
						„ Europa im Mai „
						„ „ „ Nov. „
						„ „ „ Febr. „
						„ „ „ Sommer „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ China — „
						„ „ im Mai „
						„ Europa „ Sept. „
			R		Laugier	„ Europa u. China „
						„ „ — „
						„ „ u. Japan „
						„ „ „
						„ China „
						„ „ „
						„ Europa „
			R		Pingré	„ „ „
			D		Hind	„ „ „
						„ China „
						„ Europa „
						„ China „
						„ „ u. Japan „
						„ „ „
			R		Laugier	„ Europa u. China „
						„ „ „
			R	Regiomont.	„	„ „ „

Tafel der ersch

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihel dista
		n. Chr.						
372		1476						
373	24	1490	Dec. 24.	11h 26m 10s	58° 40′ 0″	288° 45′ 0″	51° 37′ 0″	0,737
374	24a	1491	Jan. 4.	21 45 0	113 0	168 0	75 0	0,755
375		1500						
376		1503						
377		1505						
378	25	1506	Sept. 3.	16 1 55	250 37	132 50	45 1	0,385
379		1512						
380		1513						
381		1514						
382		1516						
383		1518						
384		1521						
385		1522						
386		1530						
387	(19)	1531	Aug. 25.	19 10 0	301 12	45 30	17 0	0,579
388	26	1532	Oct. 18.	8 8 0	111 48	87 23	32 36	0,519
389	27	1533	Juni 14.	21 20 46	217 40	299 19	28 14	0,326
390		1538						
391		1539						
392		1545						
393	27a	1556	April 22.	4 35 10	216 6 30	175 13 54	32 25 42	0,490
394		1557						
395	28	1558	Aug. 10.	12 34 6	329 49	332 36	73 29	0,5773
396		1560						
397		1569						
398	29	1577	Oct. 26.	22 53 57	129 42	25 20 24	75 9 42	0,1775
399	30	1580	Novbr. 28.	11 59 26	108 26 56	19 6 42	64 33 46	0,6023
400		1582						
401	31	1582	Mai 6.	10 0 43	256 15 18	229 18 1	60 47	0,1653
402	32	1585	Oct. 8.	0 47 5	9 8 26	37 44 15	6 5 52	1,0948

nen Kometen.

ung.)

albe rosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			D		Hind	Während früher die Kometen fast ausschliesslich in chinesischen Berichten erwähnt werden, erscheinen sie von jetzt ab vorwiegend in den europäischen Chroniken, weshalb die Angaben wo das Gestirn gesehen wurde, in der Folge reih unterbleiben.
			R		Peirce	
			R		Laugier	
17,748	0,96739	75,0	R	Apian	Halley	
			D	Fracastor	Olbers	
			D		„	
			D		Hoek	
			R		Olbers	
			R	Tycho	Woldstedt	
			D	Möstlin	Schjellerup	
			R	Tycho	d'Arrest	
			D	Wilhelm IV. v. Hessen	C. A. F. Peters	Mit diesem Kometen beginnt die Zeitrechnung n. d. neuen Styl.

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihe distan
		n. Chr.															
403	33	1590	Febr.	8.	0^h	48^m	25^s	217°	57′	12″	165°	36′	56″	29°	29′	44″	0,5677
404	34	1593	Juli	18.	13	48	0	176	19		164	15		87	58		0,0891
465	35	1596	„	25.	5	17	59	270	54	35	330	20	49	51	58	10	0,5671
406	(19)	1607	Oct.	26.	17	20	19	301	38	10	48	40	28	17	12	17	0,5879
407	36	1618	Aug.	17.	3	12	0	318	20		293	25		21	28		0,5129
408	37	1618	Nov.	8.	8	34	22	3	5	21	75	44	10	37	11	31	0,3805
409		1618															
410		1625															
411		1628															
412		1630															
413		1639															
414		1647															
415	38	1652	Nov.	12.	15	50	0	28	18	40	88	10		79	28		0,8475
416	39	1661	Jan.	26.	21	18	0	115	16	8	81	54	0	33	0	55	0,4427
417	40	1664	Dec.	4.	11	45	26	130	42	38	81	15	52	21	18	12	1,0255
418	41	1665	April	24.	5	25	0	71	54	30	228	2		76	5		0,1064
419	42	1668	Febr.	28.	19	21	22	277	2		357	17		35	58		0,0047
420	43	1672	März	1.	8	47	0	46	59	30	297	30	30	83	22	10	0,6974
421		1676															
422	44	1677	Mai	6.	0	47	0	137	37	5	236	49	10	79	3	15	0,2805
423	45	1678	Aug.	18.	17	42	40	322	47	37	163	20		2	52		1,1454
424	46	1680	Dec.	17.	23	55	30	262	49	5	272	9	29	60	40	16	0,0062
425	(19)	1682	Sept.	14.	19	14	14	301	55	37	51	11	18	17	44	45	0,5828
426	47	1683	Juli	12.	17	34	36	86	31	15	173	17	48	83	47	46	0,5533
427	48	1684	Juni	8.	10	26	0	238	52	0	268	15	0	65	48	40	0,9601
428	49	1686	Sept.	16.	14	43	0	77	0	30	350	34	40	31	21	40	0,3250
429	50	1689	Nov.	29.	4	57	0	269	41		90	25		59	5		0,0189
430	51	1695	Nov.	9.	17	0	0	60			216			22			0,8436
431	52	1698	Oct.	18.	17	7	0	270	51	15	267	44	15	11	46	0	0,6912
432	53	1699	Jan.	13.	8	32	0	212	31	6	321	45	35	69	20	0	0,744
433		1699															

nen Kometen.

ng.)

albe rosse Axe	Excen- trici- tät	Um- laufs- zeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Tycho	Hind	
			D	Ripensis	Lacaille	
			R		Hind	
			R	Harriot	Bessel	
			D	Keppler	Pingré	
			D	Kirch	Bessel	
			D	Hevel	Halley	
			D	"	Méchain	
			R		Lindeloef	
			R	Hevel	Halley	
			R	Aegidius	Henderson	
			D	Hevel	Halley	
						von Fontanay in Nantes beob.
			R	Hevel	Halley	
3,070	0,626970	5,38	D	Lahire	Leverrier	
26,68	0,999985	8814,0	D	Kirch	Encke	
18,170	0,96792	77,5	R		Rosenberger	
33,031	0,98325	190	R	Flamsteed	Clausen	
			D	Bianchini	Halley	
			D		"	
			R	Richaud	Vogel	
			D	Jacob	Burckhardt	
			R	Lahire	Halley	
			R	Fontenay	Lacaille	
						am 26. Oct. v. Kirch gesehen.

Tafel der ersch[...]

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihel distan[z]
		n. Chr.															
434	54	1701	Oct.	17.	10^h	0^m	0^s	133°	41′	0″	298°	51′	0″	41°	39′	0″	0,59263
435		1702															
436	55	1702	März	13.	14	42	43	138	46	34	188	59	10	4	24	44	0,6463
437	56	1706	Jan.	30.	5	6	0	72	36	25	13	11	23	55	14	5	0,4263
438	57	1707	Dec.	11.	23	39	0	79	54	56	52	46	35	88	36	0	0,85975
439		1708															
440		1717															
441	58	1718	Jan.	14.	21	53	37	121	39	55	127	55	29	31	8	0	1,025
442	59	1723	Sept.	27.	15	13	30	42	52	35	14	14	17	50	0	18	0,995
443	60	1729	Juni	12.	18	0	0	320	27	36	310	38	0	77	5	18	4,0431
444		1733															
445	61	1737	Jan.	30.	8	30	0	325	55	0	226	22	0	18	20	45	0,2228
446	62	1737	Juni	8.	7	48	0	262	36	39	123	53	43	39	14	5	0,8670
447	63	1739	„	17.	10	9	0	102	38	40	207	25	14	55	42	44	0,6735
448	64	1742	Febr.	8.	15	1	0	216	39	20	185	9	30	67	31	40	0,77005
449		1742															
450	65	1743	Jan.	10.	20	29	37	92	57	51	67	31	57	2	16	16	0,83819
451	66	1743	Sept.	20.	21	26	3	246	33	52	5	16	25	45	48	21	0,0215
452	67	1744	März	1.	7	51	30	197	14	36	45	49	27	47	17	38	0,222
453		1746															
454	68	1747	März	3.	7	20	0	277	2	0	147	18	50	79	6	20	2,1985
455	69	1748	April	28.	18	53	30	215	23	29	232	51	50	85	28	23	0,84041
456	70	1748	Juni	18.	21	27	22	278	47	10	33	8	29	67	3	28	0,6255
457		1750															
458	71	1757	Oct.	21.	9	23	0	122	36	29	214	7	11	12	41	17	0,3393
459	72	1758	Juni	11.	3	27	0	267	38	0	230	50	0	68	19	0	0,21535
460	(19)	1759	März	12.	13	23	55	303	10	28	53	50	27	17	36	52	0,5845
461	73	1759	Nov.	27.	2	28	20	53	24	20	139	39	24	78	59	22	0,7985
462	74	1759	Dec.	16.	12	58	12	136	3	52	79	20	24	4	42	10	0,96175
463	75	1762	Mai	28.	8	11	3	104	2	0	348	33	5	85	38	13	1,003
464	76	1763	Nov.	1.	21	4	19	84	57	27	356	17	38	72	34	10	0,4963

…nen Kometen.

…ng)

…lbe …sse …xe	Excen-tricität	Um-laufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Pallu	Burckhardt	
						Ende Februar.
			D	Bianchini	„	
			D	Cassini	Struyck	
			D	Manfredi	Lacaille	
			R	Kirch	Argelander	
			R		Spörer	
			D	Sarabat	Burckhardt	
						im Mai gesehen.
			D			
			D			
			R	Zanotti	Lacaille	
			R	Grant	Barker	
						am 11. April gesehen.
			D	Grischow	Olbers	
			R	Klinkenberg	Klinkenberg	
			D	„	„	
			R	Chéseaux	Lacaille	
			R		Lemonier	
			D	Klinkenberg	Bessel	
			D	Bradley	de Ratte	
			D	de la Nux	Pingré	
8,088	0,96768	76,9	R	Palitzsch	Rosenberger	
			D	Messier	Chappe	
			R		„	
			D	Klinkenberg	Burckhardt	
8,96	0,99543	1137	D	Messier	Lexell	

Tafel der ersch

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihel-distan
		n. Chr.															
465	77	1764	Febr	12.	13h	51m	36s	15°	14′	52″	120°	4′	33″	52°	53′	31″	0,5552
466	78	1766	„	17.	8	50	0	143	15	25	244	10	50	40	50	20	0,5053
467	79	1766	April	26.	23	53	16	251	13	0	74	11	0	8	1	45	0,3988
468	80	1769	Oct.	7.	15	2	43	144	11	29	175	3	59	40	45	50	0,1227
469	81	1770	Aug.	13.	12	47	57	356	16	27	131	59	34	1	34	31	0,6743
470	82	1770	Nov.	22.	5	48	0	208	22	44	108	42	10	31	25	55	0,5282
471	83	1771	April	19.	5	15	40	104	3	16	27	51	55	11	15	19	0,9054
472	84	1772	Febr.	8.	1	0	0	97	21	0	263	24	0	17	39	0	0,9116
473	85	1773	Sept.	5.	14	43	9	75	10	58	121	5	30	61	14	17	1,1264
474	86	1774	Aug.	15.	20	4	42	317	27	40	180	44	34	83	20	26	1,4325
475	87	1779	Jan.	4.	2	13	41	87	14	27	25	4	10	32	30	57	0,7131
476	88	1780	Sept.	30.	18	12	50	246	20	18	124	9	19	53	48	15	0,0992
477	89	1780	Nov.	28.	20	30	19	246	52	0	141	1	0	72	3	30	0,5152
478	90	1781	Juli	7.	4	41	20	239	11	25	83	0	38	81	43	26	0,7758
479	91	1781	Nov.	29.	12	42	46	16	3	7	77	22	55	27	12	4	0,9609
480	92	1783	„	19.	22	29	4	50	17	25	55	40	30	45	6	54	0,4592
481	93	1784	Jan.	21.	4	56	47	80	44	24	56	49	21	51	9	12	0,7075
482	94	1785	„	27.	7	58	4	109	51	56	264	12	15	70	14	12	1,1434
483	95	1785	April	8.	9	8	12	297	29	33	64	33	36	87	31	54	0,4273
484	96	1786	Jan.	30.	21	7	12	156	38	0	334	8	0	13	36	0	0,3348
485	97	1786	Juli	8.	13	46	31	158	38	30	195	23	32	50	58	33	0,3942
486	98	1787	Mai	10.	19	58	0	7	44	9	106	51	35	48	15	51	0,34891
487	99	1788	Nov.	10.	7	34	47	99	8	7	156	56	43	12	27	40	1,06301
488	100	1788	„	20.	7	25	0	22	49	54	352	24	26	64	30	24	0,7573
489	101	1790	Jan.	16.	19	7	30	58	24	45	172	50	2	29	44	7	0,7473
490	102	1790	„	28.	7	45	30	111	44	37	267	8	37	56	58	13	1,0632
491	103	1790	Mai	20.	11	30	0	274	57	20	35	14	0	63	35	0	0,791
492	104	1792	Jan	13	12	59	36	36	20	32	190	42	9	39	45	47	1,2925
493	105	1792	Dec.	27.	7	56	30	135	52	35	283	14	44	49	7	14	0,9668
494	106	1793	Nov.	4.	20	21	0	128	42	0	108	29	0	60	21	0	0,4034
495	107	1793	„	19.	12	6	51	71	37	8	2	17	19	51	54	34	1,50346

nen Kometen.

ung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Messier	Pingré	
			R	"	"	
2,934	0,864	5,025	D	Helfenzrieder	Burckhardt	
3,46	0,99925	2090	D	Messier	Bessel	
3,163	0,78684	6,626	D	"	Leverrier	
			R		Pingré	
	1,00937		D	"	Encke	
2,822	0,67692	4,741	D	Montagne	Gauss	
			D	Messier	Burckhardt	
	1,0283		D	Montagne		
			D	Messier	Zach	
			R	"	Méchain	
			R	Montagne	Olbers	
			D	Méchain	Méchain	
			R	"	Legendre	
3,260	0,55245	5,888	D	Pigott	C. H. F. Peters	
			R	de la Nux	Méchain	
			D	Messier	"	
			R	Méchain	"	
2,208	0,84836	3,281	D	"	Encke	
			D	C. Herschel	Reggio	
			R	Méchain	Saron	
			R	Messier	Méchain	
			D	C. Herschel	"	
			R	"	Saron	
			D	Méchain	Méchain	
			R	C. Herschel	Englefield	
			R	"	Zach	
			R	Gregory	Piazzi	
			R	Messier	Saron	
			D	Perny	d'Arrest	

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihel distan
		n. Chr.															
496	(96)	1795	Dec.	21.	10^h	44^m	22^s	156°	41′	20″	334°	39′	22″	13°	42′	30″	0,33442
497	108	1796	April	2.	19	57	3	192	44	13	17	2	16	64	54	33	1,57816
498	109	1797	Juli	9.	2	53	52	49	34	42	329	16	30	50	35	50	0,52545
499	110	1798	April	4.	12	7	37	105	6	57	122	12	21	43	44	42	0,48458
500	111	1798	Dec.	31.	13	26	24	34	27	27	249	30	30	42	26	4	0,77952
501	112	1799	Sept	7.	5	43	25	3	39	10	99	27	19	50	57	30	0,84018
502	113	1799	Dec.	25.	21	40	10	190	20	12	326	49	11	77	1	38	0,6258
503	114	1801	Aug.	8.	13	32	0	183	49	0	44	28	0	21	20	0	0,2617
504	115	1802	Sept.	9.	21	32	26	332	9	4	310	15	39	57	0	47	1,09411
505	116	1804	Febr.	13.	14	25	45	149	4	25	176	53	29	56	56	2	1,07501
506	(96)	1805	Nov.	21.	12	9	11	156	47	24	334	20	10	13	33	30	0,34042
507	(84)	1806	Jan.	1.	23	32	12	109	32	23	251	15	15	13	38	45	0,9068
508	117	1806	Dec.	28.	22	10	23	97	3	24	322	23	16	35	2	33	1,08191
509	118	1807	Sept.	18.	17	53	20	270	54	42	266	47	11	63	10	28	0,64612
510		1808															
511	119	1808	Mai	12.	23	1	25	69	12	57	322	58	36	45	43	7	0,38986
512	120	1808	Juli	12.	4	10	49	252	38	50	24	11	15	39	18	59	0,69795
513	121	1810	Sept.	29.	2	32	52	52	44	42	310	21	2	61	11	15	0,97579
514	122	1811	„	12.	6	1	53	75	0	34	140	24	44	73	2	21	1,03542
515	123	1811	Nov.	10.	23	55	38	47	27	27	93	1	52	31	17	11	1,58211
516	124	1812	Sept.	15.	7	40	52	92	18	44	253	1	2	73	57	3	0,77714
517	125	1813	März	4.	12	47	31	69	56	8	60	48	24	21	13	33	0,69913
518	126	1813	Mai	19.	12	24	46	197	36	49	42	40	12	81	7	28	1,21529
519	127	1815	April	25.	23	58	5	149	1	56	83	28	34	44	29	55	1,21285
520	127a	1816	März	1.	8	27	0	267	35	33	324	14	56	43	5	26	0,0485
521		1817															
522	127b	1818	Febr.	7.	9	40	44	97	7	0	250	4	0	20	2	0	0,73326
523	128	1818	„	25.	23	10	10	182	45	22	70	26	11	89	43	48	1,19777
524	129	1818	Dec.	5.	0	56	11	101	47	30	90	0	51	63	0	24	0,85498
525	(96)	1819	Jan.	27.	6	18	14	156	59	12	334	33	19	13	36	54	0,33525
526	130	1819	Juni	27.	17	1	30	287	5	5	273	43	44	80	45	53	0,34105

ıen Kometen.

ng).

lbe isse xe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
,213	0,84888	3,292	D	C. Herschel	Encke	
			R	Olbers	Olbers	
			R	Bouvard	Bouvard	
			D	Messier	Olbers	
			R	Bouvard	Burckhardt	
			R	Méchain	Zach	
			R	„	Méchain	
			R	Pons	Burckhardt	
			D	„	Olbers	
			D	„	Wahl	
2,213	0,84618	3,292	D	Bouvard	Encke	
3,567	0,74578	6,737	D	Pons	Gambart	
	1,0102		R	„	Hensel	
3,20	0,99549	1714	D	Parisi	Bessel	
						im Febr. von Pons gesehen.
			R	Pons	Encke	
			R	„	Bessel	
			D	„	Triesnecker	
,02	0,99549	3069	R	Flaugergues	Argelander	
1,51	0,98271	875	D	Pons	Nicolai	
,095	0,95454	71	D	„	Encke	
			R	„	Nicollet	
			R	„	Ferrer	
7,634	0,93122	74	D	Olbers	Bessel	
			D	Pons	Burckhardt	
						am 1. Nov. v. Olbers gesehen.
			D	Pons	Pogson	
			D	„	Encke	
	1,01162		R	„	Rosenberger	
,214	0,84858	3,295	D	„	Encke	
			D	Tralles	Brinkley	

Tafel der ersch

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perih. dista
527	131	1819	Juli	18.	21^h	45^m	39^s	274°	40′	51″	113°	10′	46″	10°	42′	48′	0,773
528	132	1819	Nov.	20.	6	2	55	67	18	48	77	13	57	9	1	16	0,892
529	133	1821	März	21.	13	2	0	239	29	25	48	40	56	73	33	7	0,0915
530	134	1822	Mai	5.	14	42	0	192	43	51	177	26	56	53	37	24	0,504
531	(96)	1822	„	23.	23	16	1	157	11	44	334	25	9	13	20	17	0,345
532	135	1822	Juli	16.	0	44	23	219	53	48	97	51	23	37	43	4	0,846
533	136	1822	Oct.	23.	18	37	50	271	40	17	92	44	42	52	39	10	1,145
534	137	1823	Dec.	9.	10	48	50	274	34	30	303	3	0	76	11	57	0,226
535	138	1824	Juli	11.	12	28	1	260	16	32	234	19	9	54	34	19	0,591
536	139	1824	Sept.	29.	1	45	2	4	32	6	279	16	44	54	35	32	1,049
537	140	1825	Mai	30.	13	16	0	273	55	1	20	6	8	56	41	6	0,889
538	141	1825	Aug.	18.	8	48	11	9	47	54	193	4	52	88	29	39	0,883
539	(96)	1825	Sept.	16.	6	42	39	157	14	31	334	27	30	13	21	24	0,344
540	142	1825	Dec.	10.	16	31	14	318	46	41	215	43	14	33	32	39	1,240
541	(84)	1826	März	18.	10	2	54	109	45	50	251	28	12	13	33	51	0,902
542	143	1826	April	21.	22	11	17	116	59	28	197	36	34	40	0	26	2,007
543	144	1826	„	29.	1	5	34	35	48	13	40	29	13	5	17	2	0,188
544	145	1826	Oct.	8.	23	0	35	57	48	24	44	6	28	25	57	18	0,852
545	146	1826	Nov.	18.	9	57	16	315	29	39	235	6	11	89	22	9	0,026
546	147	1827	Febr.	4.	22	16	25	33	30	16	184	27	49	77	35	35	0,506
547	148	1827	Juni	7.	20	20	36	297	31	42	318	10	28	43	38	45	0,808
548	149	1827	Sept.	11.	16	47	5	250	57	12	149	39	11	54	4	42	0,137
549	(96)	1829	Jan.	9.	18	3	23	157	17	53	334	29	32	13	20	34	0,345
550	150	1830	April	9.	6	52	51	212	11	38	206	21	36	21	16	27	0,921
551	151	1830	Dec.	27.	16	0	19	310	59	19	337	53	7	44	45	30	0,125
552	(96)	1832	Mai	3.	23	34	6	157	21	1	334	32	9	13	22	9	0,343
553	152	1832	Sept.	25.	12	40	24	227	55	36	72	26	42	43	18	3	1,183
554	(84)	1832	Nov.	26.	1	39	7	109	52	55	248	13	33	13	10	25	0,879
555	153	1833	Sept.	10.	4	57	59	222	56	46	223	9	23	7	19	39	0,458
556	154	1834	April	2.	16	4	32	276	33	49	226	48	52	5	56	52	0,515
557	155	1835	März	27.	13	59	32	207	42	55	58	19	46	9	7	39	2,041

en Kometen.

ıg.)

be sse :e	Excen-tricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
60	0,75519	5,618	D	Pons	Encke	
49	0,68675	4,810	D	Blanpain	„	
			R	Nicollet	Rosenberger	
			R	Gambart	Nicollet	
24	0,84446	3,318	D		Encke	
			R	Pons	v. Heiligenstein	
5	0,99630	5449	R	„	Encke	
			R	Köhler	„	
			R	Rümker	Rümker	
			D	Scheithauer	Encke	
			R	Gambart	Clausen	
			D	Pons	Olbers	
23	0,84489	3,315	D		Encke	
5	0,99537	4386	R	Pons	Hansen	
6	0,74657	6,72	D	Biela	Santini	
			D	Pons	Nicolai	
			R	Flaugergues	Clüver	
			D	Pons	Argelander	
			R	„	Gambart	
			R	„	v. Heiligenstein	
			R	„	„	
2	0,99927	2611	R	„	Clüver	
24	0,84462	3,316	D		Encke	
			D	d'Abbadie	Carlini	
			R	Herapath	Wolfers	
22	0,84541	3,312	D		Encke	
			R	Gambart	E. Bouvard	
37	0,75138	6,652	D		Nicolai	
			D	Dunlop	Hartwig	
			D	Gambart	Petersen	
			R	Boguslawski	W. Bessel	

Tafel der ersch

(I

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perih… dista…
558	(96)	1835	Aug.	26.	8ʰ	48ᵐ	53ˢ	157°	23′	29″	334°	34′	59″	13°	21′	15″	0,344
559	(19)	1835	Nov.	15.	22	41	22	304	31	32	55	9	59	17	45	5	0,586
560	(96)	1838	Dec.	19.	0	26	59	157	27	4	334	36	41	13	21	28	0,344
561	156	1840	Jan.	4.	10	23	3	192	11	50	119	57	46	53	5	32	0,618
562	157	1840	März	12.	23	55	53	80	18	10	236	49	6	59	13	20	1,221
563	158	1840	April	2.	12	2	48	324	12	27	186	2	45	79	51	52	0,745
564	159	1840	Nov.	13.	15	37	16	22	31	40	248	56	22	57	57	23	1,480
565	(96)	1842	April	12.	0	35	30	157	29	27	334	39	10	13	20	26	0,345
566	160	1842	Dec.	15.	23	7	32	327	17	32	207	49	39	73	34	4	0,504
567	161	1843	Febr.	27.	10	0	30	278	40	17	1	14	55	35	40	39	0,005
568	162	1843	Mai	6.	0	42	54	281	27	48	157	14	51	52	44	1	1,615
569	163	1843	Oct.	7.	3	42	16	49	34	19	209	29	19	11	22	31	1,692
570	164	1844	Sept.	2.	11	37	30	342	30	48	63	49	38	2	54	46	1,186
571	165	1844	Oct.	17.	8	24	36	180	24	3	31	39	6	48	36	1	0,855
572	166	1844	Dec.	13.	16	21	2	296	2	18	118	19	22	45	38	47	0,251
573	167	1845	Jan.	8.	4	7	40	91	20	22	336	44	13	46	50	39	0,905
574	168	1845	April	21.	0	53	58	192	33	19	347	6	45	56	23	36	1,254
575	169	1845	Juni	5.	16	19	5	262	2	56	337	48	56	48	41	59	0,401
576	(96)	1845	Aug.	9.	15	11	11	157	44	21	334	19	33	13	7	34	0,338
577	170	1846	Jan.	22.	2	24	32	89	6	22	111	8	26	47	26	6	1,480
578	(84)a	1846	Febr.	10.	23	59	31	109	2	53	245	54	15	12	34	53	0,856
579	(84)b	1846	„	11.	1	59	0	109	2	54	245	54	17	12	34	55	0,856
580	171	1846	„	25.	9	8	1	116	28	15	102	40	58	30	55	53	0,650
581	172	1846	März	5.	13	18	7	90	27	19	77	33	26	85	6	12	0,663
582	173	1846	Mai	27.	21	39	22	82	33	52	161	18	40	57	36	11	1,373
583	174	1846	Juni	1.	2	40	11	239	49	51	260	12	25	31	2	14	1,537
584	175	1846	„	5.	11	39	26	162	5	40	261	52	51	29	18	47	0,633
585	176	1846	Oct.	29.	22	9	18	98	47	15	4	38	18	49	39	3	0,829
586	177	1847	März	30.	6	58	50	267	2	22	21	42	52	48	38	50	0,042
587	178	1847	Juni	4.	16	43	33	141	37	10	173	57	40	79	33	42	2,115
588	179	1847	Aug.	9.	10	46	13	246	41	34	338	17	31	83	27	1	1,767

…enen Kometen.

…tzung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
2,223	0,84504	3,314	D		Encke	
17,99	0,93739	76,29	R		Westphal	
2,222	0,84518	3,313	D		Encke	
	1,00021		D	Galle	Peters u. Struve	
577,11	0,99788	13864	R	„	Plantamour	
			D	„	Rümker	
49,121	0,96985	344	D	Bremiker	Götze	
2,223	0,84479	3,314	D		Encke	
			R	Laugier	Petersen	
65,71	0,999916	533	R		Hubbard	
			D	Mauvais	Götze	
3,812	0,55596	7,442	D	Faye	Leverrier	
3,100	0,61737	5,459	D	de Vico	Brünnow	
			R	Mauvais	Plantamour	
	1,00035		D		Bond	
			D	d'Arrest	Hind	
			D	de Vico	Faye	
39,66	0,98987	249,8	R	Colla	d'Arrest	
2,216	0,84744	3,300	D		Encke	
194,90	0,99240	2721	D	de Vico	Jelineck	
3,520	0,75666	6,603	D		Hubbard	
3,519	0,75661	6,601	D		„	
3,146	0,79339	5,581	D	Brorsen	Brünnow	
17,58	0,96225	73,7	D	de Vico	Peirce	
			R	„	Vogel	
6,321	0,75672	15,89	D	C. H. F. Peters	d'Arrest	
62,99	0,98994	500	R	Brorsen	Oudemans	
123	0,99331	1390	D	de Vico	Quirling	
489	0,99991	10818	D	Hind	Hornstein	
			R	Colla	Gautier	
			R	Mauvais	Littrow	

Tafel der erschi

F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Periheldistanz
589	180	1847	Aug.	9.	8h	26m	14s	21°	17′	30″	76°	43′	22″	32°	38′	47″	1,48479
590	181	1847	Sept.	9.	13	10	52	79	12	6	309	48	49	19	8	25	0,48786
591	182	1847	Nov.	14.	9	45	59	274	12	57	190	49	53	71	50	56	0,37903
592	183	1848	Sept.	8.	1	14	37	310	34	39	211	32	29	84	24	50	0,31993
593	(96)	1848	Nov.	26.	2	55	56	157	47	8	334	22	12	13	8	36	0,33703
594	184	1849	Jan.	19.	8	30	12	63	14	15	215	12	54	85	2	54	0,95973
595	185	1849	Mai	26.	12	10	43	235	43	35	202	32	56	67	9	24	1,15932
596	186	1849	Juni	8.	5	2	36	267	6	8	30	32	0	66	55	19	0,89439
597	187	1850	Juli	23.	12	49	37	272	25	5	92	53	28	68	11	24	1,08145
598	188	1850	Oct.	19.	8	19	35	89	13	54	205	59	24	40	5	37	0,56546
599	(163)	1851	April	1.	19	29	25	49	41	25	209	31	7	11	21	39	1,69963
600	189	1851	Juli	8.	16	24	51	322	54	42	148	23	37	13	55	8	1,17337
601	190	1851	Aug.	26.	5	47	13	310	48	49	223	40	33	38	9	2	0.98430
602	191	1851	Sept.	30.	19	21	15	338	45	18	44	25	37	73	59	44	0,14138
603	(96)	1852	März	14.	17	22	9	157	51	2	334	23	21	13	7	54	0,33745
604	192	1852	April	20.	15	24	27	278	42	18	317	29	30	49	11	8	0,91286
605	(84) a	1852	Sept.	23.	17	36	47	109	8	17	245	51	26	12	33	16	0,86060
606	(84) b	1852	„	23.	1	30	57	109	8	16	245	51	28	12	33	19	0,86062
607	193	1852	Oct.	12.	18	10	25	43	13	42	346	10	0	40	55	0	1,24993
608	194	1853	Febr.	24.	0	16	4	153	43	20	69	34	4	20	15	8	1,09216
609	195	1853	Mai	9.	19	58	41	201	44	37	40	57	37	57	49	3	0.90869
610	196	1853	Sept.	1.	17	51	14	310	56	59	140	31	12	61	31	0	0,30684
611	197	1853	Oct.	16.	14	41	5	302	14	53	220	5	52	60	59	44	0,17267
612	198	1854	Jan.	3.	22	35	57	56	6	35	227	2	48	66	6	47	2,04465
613	199	1854	März	24.	0	30	2	213	49	14	315	27	27	82	32	43	0,27705
614	200	1854	Juni	22.	0	5	8	273	5	23	347	39	43	71	18	59	0,64811
615	201	1854	Oct.	27.	12	22	25	94	24	18	324	28	31	40	54	38	0,79870
616	202	1854	Dec.	15.	17	20	48	165	9	25	238	7	54	14	8	50	1,35755
617	203	1855	Febr.	5.	1	17	32	226	37	34	189	43	33	51	24	19	2,19353
618	204	1855	Mai	30.	3	41	42	237	42	25	260	18	53	23	6	50	0,56676
619	(96)	1855	Juli	1.	4	49	0	157	53	12	334	26	24	13	8	9	0,33710

enen Kometen.

zung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Schweizer	Schweizer	
17,779	0,97256	74,79	D	Brorsen	d'Arrest	
	1,00013		R	Ms. Mitchell	Rümker	
			R	Petersen	Sonntag	
2,215	0,84783	3,296	D		Encke	
			D	Petersen	Petersen	
412	0,99783	8375	D	Goujon	Weyer	
940	0,99885	28800	D	Schweizer	d'Arrest	
			D	Petersen	Carrington	
			D	Bond	Vogel	
3,819	0,55492	7,462	D		Leverrier	
3,444	0,65927	6,390	D	d'Arrest	Villarceau	
313	0,99686	5550	D	Brorsen	Brorsen	
			D	"	Götze	
2,215	0,84766	3,297	D		Encke	
	1,05250		D	Chacornac	Hartwig	
3,526	0,75592	6,621	D		Hubbard	
3,525	0,75587	6,619	D		"	
15,44	0,91903	60,7	D	Westphal	Westphal	
			R	Secchi	Hornstein	
85,1	0,98932	785	R	Schweizer	Rümker	
	1,00026		D	Klinkerfues	Krahl	
	1,00123		R	Bruhns	d'Arrest	
			R	v. Arsdale	Rzepecki	
			R		Mathieu	
			R	Klinkerfues	Winnecke	
119,6	0,99332	1309	D	"	Lesser	
99,8	0,98640	997	D	Winnecke	Adam	
63	0,96519	500	R	Schweizer	Tiele	
			R	Donati	Schulze	
2,215	0,84779	3,295	D		Encke	

Tafel der erschi

(F

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Periheldistanz
20	205	1855	Nov.	25.	9h	34m	46s	86°	1′	57″	51°	33′	38″	10°	11′	11″	1,23099
21	206	1857	März	21.	9	0	49	74	44	2	313	9	19	87	56	1	0,77249
22	(171)	1857	„	29.	6	3	7	115	44	10	101	44	22	29	48	16	0,62040
23	207	1857	Juli	17.	23	42	31	249	36	1	23	41	28	58	57	1	0,36748
24	208	1857	Aug.	24.	0	4	19	21	46	51	200	49	16	32	46	24	0,74684
25	209	1857	Sept.	30.	21	16	26	250	7	38	14	57	48	56	3	21	0,56290
26	210	1857	Nov.	19.	1	52	0	44	13	16	139	18	42	37	48	55	1,00900
27	(189)	1857	„	28.	4	39	19	323	4	52	148	28	46	13	56	1	1,16999
28	(102)	1858	Febr.	23.	12	43	41	115	51	35	269	3	13	54	24	10	1,02550
29	(131)	1858	Mai	2.	0	57	52	275	40	21	113	34	5	10	48	12	0,76894
30	211	1858	„	2.	7	51	58	195	58	44	170	42	56	22	59	49	1,20969
31	212	1858	Juni	5.	7	15	0	226	6	5	324	58	8	80	2	42	0,55426
32	(163)	1858	Sept.	12.	20	54	53	49	50	8	209	39	49	11	22	10	1,69420
33	213	1858	„	29.	23	19	13	36	12	38	165	19	22	63	1	47	0,57849
34	214	1858	Oct.	12.	20	9	25	4	12	25	159	46	27	21	17	5	1,42669
35	(96)	1858	„	18.	8	50	58	157	57	30	334	28	34	13	4	15	0,34072
36	215	1859	Mai	29.	5	34	59	75	20	31	357	20	44	84	31	44	0,20103
37	216a	1860	Febr.	16.	15	9	14	173	49	49	324	3	40	79	39	57	1,19890
38	216b	1860	„	16.	16	13	45	173	45	9	324	3	19	79	36	12	1,19820
39	217	1860	März	5.	13	43	42	50	5	10	8	52	32	48	13	6	1,30666
40	218	1860	Juni	16.	1	37	12	161	32	28	84	40	32	79	19	25	0,29289
41	219	1860	Sept.	28.	6	58	26	111	59	0	104	14	0	28	14	0	0,95400
42	220	1861	Juni	3.	9	30	50	243	22	1	29	55	42	79	45	31	0,92070
43	221	1861	„	11.	12	16	44	249	4	4	278	57	59	85	26	25	0,82236
44	222	1861	Dec.	7.	4	16	45	173	31	22	145	6	29	41	58	32	0,83901
45	(96)	1862	Febr.	6.	3	50	22	158	0	50	334	30	50	13	5	0	0,33990
46	223	1862	Juni	22.	0	53	20	299	20	27	326	32	54	7	54	26	0,98134
47	224	1862	Aug.	22.	22	2	52	344	41	26	137	26	53	66	25	33	0,96264
48	225	1862	Dec.	28.	5	4	18	125	11	31	355	46	2	42	28	37	0,80324
49	226	1863	Febr.	3.	11	55	14	191	22	41	116	55	33	85	21	56	0,79476
50	227	1863	April	4.	22	4	17	247	15	16	251	15	59	67	22	5	1,06820

nen Kometen.

ang.)

Halbe grosse Axe	Excen-tricität	Um-laufs-zeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Bruhns	Schulze	
			D	d'Arres	Löwy	
3,130	0,80175	5,538	D	Bruhns	Bruhns	
367	0,99900	7040	R	Klinkerfues	Villarceau	
3,05	0,98037	235	D	Peters	Möller	
182	0,99691	2463	R	Klinkerfues	Linsser	
335	0,99699	6143	R	Donati	Auwers	
3,440	0,65987	6,380	D		Villarceau	
5,726	0,82090	13,70	D	Tuttle	Bruhns	
3,139	0,75502	5,56	D	Winnecke	Seeling	
			D	Tuttle	Watson	
				Bruhns	Auwers	
3,813	0,55565	7,445	D		Möller	
52,3	0,99620	1880	R	Donati	Asten	
330	0,99568	6000	R	Tuttle	Weiss	
2,218	0,84639	3,304	D		Encke	
			R	Tempel	Herzsprung	
			D	Liais	Pechüle	
			D	„	„	
			D	Rümker	Gylden	
			D		Auwers	
			R	Tempel	Valz	
55,68	0,98346	415	D	Thatcher	Oppolzer	
56,1	0,98533	420	D	Tebbut	Seeling	
			R	Tuttle	Safford	
2,217	0,84671	3,302	D		Encke	
			R	Schmidt	Seeling	
24,85	0,96127	124	R	Swift	Oppolzer	
			R	Respighi	Krahl	
			D	Bruhns	Engelmann	
			R	Klinkerfues	Oppolzer	

Tafel der ersc

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perih dista
651	228	1863	April	20.	20^h	48^m	43^s	305°	47″	24″	250°	10′	39″	85°	29′	29″	0,628
652	229	1863	Nov.	9.	11	50	6	94	43	16	97	29	26	78	5	2	0,706
653	230	1863	Dec.	27.	19	11	53	60	24	26	304	43	23	64	28	44	0,771
654	231	1863	„	29.	4	6	34	183	8	13	105	2	21	83	19	21	1,343
655	232	1864	Juli	27.	17	59	50	185	31	54	174	51	6	45	1	19	0,663
656	233	1864	Aug.	15.	14	40	33	304	17	2	95	14	27	1	52	10	0,909
657	234	1864	Oct.	11.	7	55	27	159	30	2	31	43	27	70	13	36	0,933
658	235	1864	Dec.	22.	11	16	52	321	42	31	203	13	12	48	52	20	0,770
659	236	1864	„	27.	17	39	2	162	22	55	350	53	53	17	7	14	1,114
660	237	1865	Jan.	14.	8	20	44	141	15	37	253	3	16	87	32	20	0,026
661	(96)	1865	Mai	27.	22	18	48	158	5	3	334	34	21	13	3	58	0,340
662	238	1866	Jan.	13.	5	14	46	60	25	11	231	27	9	17	18	19	0,9764
663	(163)	1866	Febr.	14.	0	39	4	49	57	45	209	42	43	11	22	7	1,6821
664	239	1867	Jan.	19.	17	2	24	74	32	26	77	22	59	18	33	39	1,6155
665	240	1867	Mai	26.	0	2	45	236	12	39	101	9	9	6	24	22	1,5628
666	241	1867	Nov.	7.	0	29	26	213	0	39	64	45	7	6	14	37	0,3328
667	(171)	1868	April	17.	9	48	22	116	0	23	101	12	25	29	22	39	0,5967
668	242	1868	Juni	26.	4	54	15	286	20	46	52	48	15	48	18	27	0,5802
669	(96)	1868	Sept.	14.	16	22	29	158	10	56	334	31	39	13	6	52	0,3339
670	(131)	1869	Juni	29.	23	32	31	275	55	24	113	33	4	10	48	17	0,7875
671	243	1869	Oct.	10.	0	36	41	139	52	34	311	31	20	68	17	8	1,2311
672	244	1869	Nov.	20.	20	30	8	41	17	12	292	40	29	6	55	0	1,1025
673	245	1870	Juli	13.	22	36	20	303	26	26	141	32	13	58	4	53	1,0070

enen Kometen.

zung.)

Halbe grosse Axe	Excen-tricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			D	Respighi	Frischauf	
			D	Tempel	Oppolzer	
			D	Respighi	Valentiner	
	1,0009055		D	Baecker	Julius	
			R	Donati	Valentiner	
282,58	0,996777	4754	R	Tempel	Kowalcyk	
			R	Donati	Engelmann	
			D	Baecker	Tietjen	
			R	Bruhns	Engelmann	
			R		Tebbut	
2,218	0,84633	3,304	D		v. Asten, Becker	
10,0608	0,90295	31,91	R	Tempel	Pechüle	
3,8018	0,55755	7,413	D		Axel Möller	
			D	Stephan	Oppolzer	
3,1834	0,50908	5,680	D	Tempel	Bruhns	
			R	Baecker	Winnecke	
3,110	0,80809	5,484	D	Tempel	Bruhns	
			R	Winnecke	Tietjen	
2,214	0,84916	3,294	D	„	v. Asten, Becker	
3,150	0,75002	5,591	D	„	Oppolzer	
			R	Tempel	Grünert	
			D	„	Bruhns	
			R	Winnecke	Oppenheim	

zwischen den Perihelien aller Kometen nur noch einmal, zwischen Komet III 1849 und Komet I 1850 ein Zeitraum von $13^1/_2$ Monaten war. Merkwürdigerweise fallen die grössten Lücken zusammen mit den Zeiten der Sonnenfleckenminima." —

Die Helligkeit der Kometen-Individuen ist eine sehr verschiedene; manche sind zu gewissen Zeiten am Tage selbst in der Nähe der leuchtenden Sonnenscheibe mit blossem Auge wahrgenommen worden, sehr viele hingegen bleiben selbst im Maximum ihres Glanzes nur für lichtvolle Fernrohre sichtbar.

Der im August 363 in Europa und China gesehene Komet wurde nach dem Zeugnisse des Ammianus Marcellinus am hellen Tage gesehen.

Ein im Jahre 1106 erschienener grosser Komet soll verschiedenen Chronikschreibern zufolge am 4. Februar in der unmittelbaren Umgebung der Sonne sichtbar gewesen sein.

Der erste Komet von 1402 entwickelte gegen Ende März einen solchen Glanz, dass sein Schweif selbst um Mittag in bedeutender Längenerstreckung zu erkennen war.

Tycho bemerkte am 13. November 1577 vor Sonnenuntergang einen Kometen, der mit abnehmendem Glanze zehn Wochen lang sichtbar blieb.

Der von Klingenberg am 19. December 1743 aufgefundene Komet wurde am 1. März des folgenden Jahres von verschiedenen Personen um 1 Uhr Mittags mit blossem Auge erkannt.

Den grossen Kometen von 1843 sah man am 28. Februar jenes Jahres bei hellem Sonnenschein in Parma und Bologna, zu einer Zeit, als er nach Amici's Messung nur 1° 23′ östlich vom Centrum der Sonne stand.

Ausser diesen bei Tage mit freien Augen wahrgenommenen Kometen sind im gegenwärtigen Jahrhunderte mehrere andere im Fernrohre nahe bei der Sonne gesehen worden, so z. B. der von Hind entdeckte Komet von 1847 am 30. März Mittags. Der Klinkerfues'sche Komet 1853, wurde von Schmidt in Olmütz zwischen dem 30. August und 4. September täglich in der Nähe der Sonne gesehen, ebenso der Donatische Komet am 4. October 1858.

Die scheinbare Helligkeit eines Kometen hängt unter übrigens gleichen Verhältnissen zugleich von seinem Abstande von der Sonne und der Erde ab, sie lässt sich also, sobald die Elemente der Bahn bekannt sind, für jede beliebige Zeit berechnen. Um die Resultate solcher Rechnungen zu prüfen, hat man sich an den Gesammteindruck des Kometenkopfes, wie er dem blossem Auge sich darstellt, zu halten.

Erst die neueste Zeit hat Mittel an die Hand gegeben, exacte Helligkeitsmessungen der Gestirne auszuführen, doch haben schon vor diesem gewöhnliche Schätzungen ergeben, dass manche (vermuthlich sogar alle) Kometen in Bezug auf ihre Helligkeit zu bestimmten Zeiten, den theoretischen Berechnungen sich nicht fügen. Bei dem Kometen III 1860 bemerkte Schmidt in Athen eine periodische Aenderung der Helligkeit; es fielen Maxima auf den 27. Juni, den 6., 12. und 23. Juli.

Der grosse Juli-Komet 1861 wurde von mir photometrisch mit δ und *i Bootis* verglichen. Es ergaben sich folgende Resultate:

1861 Juli	22.	10^h	15^m	δ *Bootis* = 1,00	Komet	=	1,39 ± 0,04
	26.	9	30	„ „	„	=	1,09 ± 0,00
	28.	9	30	„ „	„	=	0,80 ± 0,05
	29.	10		„ „	„	=	0,68 ± 0,06
	30.	9		„ „	„	=	0,88 ± 0,05
Aug.	3.	9	16	„ „	„	=	0,50 ± 0,05
	6.	9	15	„ „	„	=	0,38 ± 0,02
	7.	9	5	„ „	„	=	0,41 ± 0,03
	10.	9	12	„ „	„	=	0,28 ± 0,03
	10.	9	17	„ „	„	=	0,93 ± 0,02
	13.	9		„ „	„	=	1,56 ± 0,09

Diese Beobachtungen ergeben unverkennbare Helligkeitsveränderungen, die sich theoretisch aus den Bahnelementen nicht erklären.

Bezüglich des Kometen II 1862 kam Schmidt zu dem Resultate einer 2,5tägigen Periode des Lichtwechsels. Das Maximum der Helligkeit traf diesem Beobachter zufolge ein am 24. August. Ich habe, durch ungünstige Witterung behindert, diesen Kometen nur an sechs Tagen beobachten können und fand die nachfolgenden Werthe für seine zeitweise Helligkeit.

1862 Aug.	17.	9^h	45^m	*A urs. min.* = 1,00	Komet	=	2,71 ± 0,10
	19.	9	20	„ „	„	=	3,74 ± 0,17
	20.	9	30	„ „	„	=	6,00 ± 0,40
	21.	8	20	„ „	„	=	7,67 ± 0,90
	24.	8	20	„ „	„	=	9,17 ± 0,40
	25.	8	10	„ „	„	=	8,73 ± 0,30

Am 19. erschien mir der Komet $2^1/_2$ Stufen schwächer als γ *ursale. min*, am folgenden Tage = γ, am 21. übertraf seine Helligkeit jene von γ um $1^1/_2$ Stufen, am 25. blieb dies wegen des bald sich bewölkenden Himmels zweifelhaft. Obgleich die Ungunst der Witterung photometrische Messungen mannichfach behinderte, so ergibt sich aus vorstehenden Beobachtungen dennoch in Uebereinstimmung mit Schmidt, dass das Maximum der Helligkeit am 24. eintrat, sechs bis sieben Tage früher, als es der Rechnung nach hätte eintreten sollen und etwa $1^1/_2$ Tage nach dem Durchgang durch die Sonnennähe.

Die Frage nach den Ursachen dieser Abweichungen von der theoretisch berechneten Helligkeit, bleibt bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft schwierig zu beantworten. Nach Arago's Versuchen, die seitdem vielfach sind wiederholt worden, besitzen die Kometen polarisirtes Licht; dass sie nur in diesem leuchten, folgt weder aus der Theorie der chromatischen Polarisation noch ist es von dem französischen Physiker, dem wir die Entdeckung und erste Anwendung derselben verdanken, je-

mals behauptet worden. Dennoch wird es seine Schwierigkeiten haben, die eben angeführten unregelmässigen Helligkeitsänderungen einer eignen Lichtentwickelung des Kometen zuzuschreiben, so lange man nicht den Einfluss der wirklich stattfindenden physischen Veränderungen in dem Kometenkopfe auf die Reflexion des Sonnenlichtes, also auf die scheinbare Helligkeit kennt. Nichtsdestoweniger darf man daran erinnern, dass Veränderungen in der physischen Constitution der Kometenköpfe, unseren Kenntnissen zufolge, nicht wohl ohne Licht- und Wärme-Entbindungen gedacht werden können, und die Aufschlüsse, welche uns in dieser Hinsicht die bewundernswürdige Spectralanalyse verschafft hat, stimmen damit vollkommen überein. Huggins hat den Kometen I 1866 einer genauen Untersuchung unterworfen. Er fand (am 9. Januar), dass das Licht des Kernes verschieden von jenem der umgebenden Nebelhülle war. Der Kern befand sich im Zustande eines glühenden, selbstleuchtenden Gases, aber das Licht der Nebelhülle kann nicht wohl auf dasjenige des Kernes zurückgeführt werden. Der Schweif des Kometen leuchtete nur in reflectirtem Lichte und es blieb noch unentschieden, ob ihn hauptsächlich das Licht des Kernes erleuchtete oder vorzugsweise das Sonnenlicht. Am genauesten unter allen ist in spectralanalytischer Hinsicht der Komet II 1860 untersucht worden. Am 21. Juni, als das Gestirn von der sechsten Grösse erschien, bot sein Spectrum, bei der Untersuchung auf der Sternwarte zu Rom, den Anblick von drei lebhaften Banden dar. Die Bande im Grün fiel nahe mit der Magnesiumlinie (*b*) zusammen; als aber die Ergebnisse der Messungen mit den Angström'schen Spectren verglichen wurden, fand man das Spectrum des Kohlenstoffs (CH) so nahe mit den drei Banden zusammenfallend, dass Secchi zu der Ansicht neigt, diese Substanz sei es, welche in dem Kometen glänzte. Mit dem Polariskop untersucht zeigte die Nebelhülle Polarisation, der Kern nicht. Der periodische Brorsen'sche Komet, der um dieselbe Zeit zurückkehrte, besitzt ein analoges Spectrum wie das eben beschriebene, doch ist es keineswegs als mit diesem identisch zu betrachten.

Huggins fand das Spectrum des Kometen II 1868 ebenfalls in drei leuchtende Streifen zerfallend, und constatirte die Identität mit dem Kohlenstoffspectrum, wenn man den Inductionsfunken durch einen Strom ölbildenden Gases überspringen lässt. Unter diesen Verhältnissen wird nämlich, wie Huggins gefunden, das typische Spectrum des Kohlenstoffs etwas modificirt. Die Identität der Spectra führt zur Uebereinstimmung der Substanzen, obgleich Huggins nicht die grosse Schwierigkeit verkennt, welche in der grossen Feuerbeständigkeit der Kohle liegt. Manche Kometen haben sich, wie die Rechnung zeigt, allerdings der Sonne genugsam genähert, um eine Temperatur zu erlangen, welche hinreichte, selbst die Kohle in Dampf zu verwandeln, bei den meisten übrigen ist dies aber nicht der Fall. Indessen kennen wir nicht die Bedingungen unter welchen ein bei den irdischen Temperaturen permanentes Gas eine hinreichend hohe Temperatur behalten kann, um Licht auszusenden. Die Ko-

metenschweife können den Beobachtungen zufolge weder compacte, feste, noch tropfbar flüssige, noch gasförmige Massen sein; letzteres wird hauptsächlich durch Bessel's feine Messungen ausgeschlossen. Man kann die Schweife vielleicht nur aus staubartig feinen, von einander getrennten Theilchen (Schmelz- und Verbrennungsproducten?) bestehend denken. Aber die Gesammtmasse der sie bildenden discreten Theile ist so gering, dass nach Laplace das ganze Gestirn nie $\frac{1}{5000}$, ja vielleicht selbst nicht $\frac{1}{10000}$ der Erdmasse besitzt.

Die gewöhnliche Erscheinung eines Kometen charakterisirt sich für das unbewaffnete Auge hauptsächlich durch die Nebelhülle oder den Kopf und den schwächer leuchtenden, mehr oder minder langen Schweif. Doch zeigt sich letzterer meist nur bei den helleren Kometen, während die teleskopischen durchgängig nur eine rundliche Nebelhülle fast ohne jede Spur von Schweif besitzen. Die Kometenschweife, Besen von den Chinesen genannt, liegen, wie zuerst Apian 1540 bemerkte, durchgängig in dem über den Kometenkopf hinaus verlängerten Radiusvector.

Dieselbe Bemerkung machte der als Arzt wie als Dichter gleich geschätzte Professer der Philosophie zu Padua, Hieronymus Fracastor, und Biot hat sie, wenngleich unbestimmter, in dem fast zwei und ein halbes Jahrtausend ältern Werke Ma-duan-lin's gefunden, welches den Namen Wen-chiang-tung-Kao führt. Doch gilt dieses Gesetz nur im allgemeinen zur Bezeichnung der Lage; einestheils, weil mitunter, besonders bei den mehrfach geschweiften Haarsternen, bedeutende Abweichungen von der gewöhnlichen Regel vorkommen; dann aber auch, weil die Schweife nie eine genau gerade Linie bilden, sondern vielmehr nach einer der Bewegung entgegengesetzten Richtung mehr oder weniger zurückgekrümmt erscheinen. Solche Zurückkrümmung des Schweifes in der Bahnebene, gleich als wenn er beim Vorwärtsgehen des Kometen Widerstand fände, hat Bessel aus den Beobachtungen des Luzerner Jesuiten Joh. Bapt. Cysat an dem Kometen von 1618 nachgewiesen. Der Schweif des berühmten Kometen von 1769 besass eine unverkennbare Krümmung in der Mitte, und Pingré nebst la Nux glaubten eine ähnliche auch am äusseren Ende desselben zu bemerken, wodurch das Ganze ein S-förmiges Ansehen erhielt und auf die Vorstellung einer durch Luftströmungen mehrfach gebogenen Flamme leitete.

Genauere Untersuchungen über die Frage, ob die Axen der Schweife in der Ebene der Kometenbahnen liegen, hat Winnecke bezüglich mehrerer neueren Kometen angestellt. Bei dem ersten Galle'schen Kometen ging die Erde am 20. Januar durch die Ebene seiner Bahn. Die Messungen der Richtung des Schweifes harmoniren in der That mit der Annahme, dass letzteres in der Bahnebene lag. Das Gleiche gilt von dem grossen Kometen von 1843 und dem Hauptschweife des auf der Südhalbkugel so prachtvoll erschienenen Kometen von 1844 bis 1845. Bei dem dritten Kometen 1853 zeigen die Beobachtungen von Oudemans in Leyden und Peters in Königsberg, dass die Axe des Schweifes höch-

stens nur eine sehr geringe Neigung gegen die Bahnebene des Kometen haben konnte. Der Komet VI 1857 ist zwar nicht während des Durchgangs der Erde durch seine Bahnebene beobachtet worden, da indess die Richtung seines Schweifes so gut wie genau mit der Verlängerung seines Radiusvectors zusammenfiel, so sieht ihn Winnecke mit Recht ebenfalls als Beweis für die Bejahung der obigen Frage an. Die Untersuchung der Schweifrichtung des grossen Kometen von 1858 ergab gleichfalls nur höchstens eine kleine Ausweichung der Axe aus der Bahnebene, und Winnecke schliesst aus allen beobachteten Fällen, dass die Axe der Kometenschweife nahezu in der Bahnebene liegt, aber in manchen Fällen einen kleinen Winkel damit bildet, der sich bei günstiger Gelegenheit der Bestimmung durch Beobachtung nicht entziehen wird, nachdem man einmal darauf aufmerksam geworden. (Mémoires de l'Academie impér. des sc. de St. Petersbourg VII. Serie tome VI. Nro. 1.)

Die Kometenschweife erscheinen meist gegen die Ränder hin beträchtlich heller als in der Mitte, gleichsam wie wenn sie hohle Kegel oder Cylinder seien. Seltener erblickt man sie in der Längenrichtung gefurcht (so bei dem Kometen von 1769 nach Messier am 4 Sept.), indem den Rändern parallele Lichtstreifen den Schweif in hellere und dunklere Parthieen sondern. Bei dem grossen Kometen 1861 sah ich am 5. Juli, dass die Mitte des Schweifes statt dunkler ganz entschieden heller war als die Ränder. Am 8. Juli lag die grösste Helligkeit westlich von der Axe des Schweifes und besonders in der Nähe des Kometenkopfes trat der hellere Strich bedeutend hervor. Am folgenden Abende war von einer abgegrenzten lichten Linie Nichts zu sehen, wenngleich auch heute noch die Mitte des Schweifes heller als die Ränder erschien. Gleiches beobachtete ich am 11. und 12. Juli, dagegen bemerkte ich vom 17. ab, dass die Ränder des fächerförmigen Schweifes entschieden heller als die Mitte blieben. Beide Schweifränder unterscheiden sich bei vielen (und wahrscheinlich allen) Kometen übrigens dadurch von einander, dass derjenige, der nach der Bewegungsrichtung der Kometen hinliegt, weit schärfer begrenzt erscheint, als der entgegengesetzte.

Die wahre Ausdehnung der Kometenschweife, sehr verschieden von der scheinbaren, welche durch die Lage gegen die Erde und ihre Entfernung von derselben bestimmt wird, ist im Einzelnen ungemein verschieden. Die nachstehende Tafel enthält die grössten bisher gemessenen Schweiflängen.

Bezeichnung des Kometen	Schweiflänge	Zeit, auf welche sich die Angabe bezieht
Komet von 1843	30,000000 Meilen	28. März
„ „ 1664	26,000000 „	26. December
„ „ 1618	9,750000 „	9. Januar
„ „ 1577	9,500000 „	30. December

Die Veränderungen, welche die Kometenschweife für unseren Anblick darbieten, können ihren Grund sowohl in wirklichen Veränderungen haben, als auch darin, dass die Schweife um ihre Axe rotiren und wir auf der Projectionsebene successive verschiedene Theile erblicken. Bei dem September-Kometen von 1811 bemerkte Herschel mehrere helle Streifen im Schweife, die periodisch unsichtbar wurden, und hielt dies für einen Beweis der Rotation des ganzen Kometen. Dunlop beobachtete zu Paramatta, dass der Schweif des December-Kometen 1825 aus fünf einzelnen Zweigen bestand, die sich kreuzten und ihre relative Lage gegen einander der Art wechselten, dass der Beobachter aus diesen Veränderungen auf eine Umdrehungsperiode von 19^h 37^m schliessen zu dürfen glaubte.

Der Komet II 1862 zeigte einen Schweif, der aus mehreren sich kreuzenden hellen Linien bestand. Die Zeichnungen von Schmidt in Athen ergeben, dass die Gestalt dieser Verschlingungen nicht immer dieselbe war, sondern in Perioden von etwa drei Tagen wiederkehrte.

Die wenigen Beobachtungen, welche bis jetzt vorliegen, lassen noch Zweifel an der Rotation der Kometenschweife zu, und man darf daher nicht mit Unrecht die Beachtung dieses Punktes allen Beobachtern dringend empfehlen.

Indem wir zur Betrachtung der mehrfach geschweiften Kometen übergehen, beginnen wir sofort mit der auffallendsten Erscheinung dieser Art. Der Komet von 1744 zeigte in der Nacht vom 7. zum 8. März nicht weniger als 6, durchschnittlich 4 Grad breite, 30 bis 45 Grad lange Schweife. Sie nahmen auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kopfes, an der Basis, einen Raum von etwa 60 Grad ein. Jeder der Schweife erschien durchaus vollständig, mit ziemlich scharfen, heller als die Mitte leuchtenden Rändern und war von den nebenan liegenden durch einen vollkommen nebelfreien Raum getrennt.

Der Januar-Komet 1824 besass zwei Schweife, die einen Winkel von 160 Grad miteinander bildeten. Am 23. Januar war der gewöhnliche Schweif 7 Grad lang, der andere 4 Grad, und seine grösste Helligkeit lag etwa 2 Grad vom Kerne entfernt, während er an der Basis kaum zu erkennen war. Die Länge des spitzig zulaufenden secundären Schweifes wechselte zwischen 3 und 7 Grad und gegen Ende Januar verschwand er gänzlich.

Bei dem Kometen von 1861 will man zeitweise einen zweiten Schweif erkannt haben, und der Komet IV 1864 besass nach Schmidt am 22. Januar ebenfalls einen aussergewöhnlichen Schweif, der mit dem Hauptschweife einen Winkel von 115 Grad umschloss.

Von unsicherern älteren Beobachtungen erwähne ich hier des Kometen von 1577, der am 28. November einen secundären Schweif gezeigt haben soll, sowie aus den Annalen der Chinesen des Haarsternes, der am Tage Ttscheu (8. April) 837 einen in zwei Theile getheilten 50 Grad langen Schweif besass, von dem ein Arm nach der Station Ti (in der Waage) und der andere nach der Station Tang (im Skorpion) gerichtet war. Am

Tage Pingyn (11. April) war der Schweif 60 Grad lang und ohne Gabelung.

Die Frage, ob die Schweife unter allen Umständen weiss erscheinen, oder nicht auch bisweilen eine schwache Färbung besitzen, ist noch unentschieden. Der Schweif des November-Kometen von 1618 soll deutlich roth gewesen sein, ebenso derjenige eines (übrigens unsichern und deshalb im obigen Verzeichnisse nicht enthaltenen) Kometen von 1526. Nach Schmidt war der Donatische Komet (1858) entschieden gelblich.

Da der relative Glanz eines leuchtenden Punktes in dem Maasse mehr hervortritt, als sich jener auf einer dunklern Fläche projicirt, so ist die häufig gemachte Beobachtung, dass Fixsterne, die scheinbar von den hellen Theilen eines Kometenschweifes bedeckt werden, beträchtlich an Licht verlieren, nicht auffallend. Dahingegen kann man den Wahrnehmungen von Piazzi und Reslhuber, dass Sterne beim Durchscheinen durch einen Kometennebel um eine oder zwei Grössenklassen heller erscheinen, schwerlich beipflichten. Ich überzeugte mich bei dem grossen Kometen von 1861 in der Nacht des 31. Juli, dass ein Stern vierter Grösse, der 5′ vom Kerne entfernt im Schweife stand, um mehr als eine halbe Grössenclasse schwächer wie gewöhnlich erschien. Am 5. Juli schienen mir die Sterne, über welche hinaus die entfernteren (lichtschwachen) Theile des Schweifes gingen, keine wahrnehmbare Schwächung ihrer Intensität zu erleiden, doch funkelten die meisten davon von Zeit zu Zeit ungemein lebhaft, während nahe dabei, aber ausserhalb des Schweifes stehende Fixsterne nicht flimmerten.

Der Kopf, die Nebelhülle mit dem Kerne, bildet den wichtigsten Theil des Kometen, wenigstens denjenigen, ohne welchen bisher noch kein Haarstern ist beobachtet worden.

Im Allgemeinen bestehen die Kometenköpfe aus einer parabolisch geformten Nebelmasse deren Grösse sehr veränderlich scheint. Schon Hevel glaubte aus seinen Beobachtungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass der Durchmesser der genannten Nebelmasse sich mit wachsendem Abstande vom Sonnenkörper vergrössere, und Newton war der gleichen Meinung. Neuerdings hat Valz auf diese fast vergessenen Wahrnehmungen wieder hingewiesen und aus den Erscheinungen des Encke'schen Kometen nachzuweisen gesucht, dass sich das Volum desselben mit überraschender Genauigkeit in dem Maasse verminderte, als sich der Komet der Sonne näherte. Die folgende Tafel zeigt diese Aenderungen für gewisse Tage.

Encke's Komet.

Erscheinung 1828			Erscheinung 1838		
Tag	Abstand von der Sonne	Durchmesser des Kometen	Tag	Abstand von der Sonne	Durchmesser des Kometen
28. October	1,46	65000 Meilen	9. October	1,42	56000 Meilen
7. Novbr.	1,32	53000 „	25. „	1,19	24000 „
30. „	0,97	24000 „	6. Novbr.	1,00	16000 „
7. Decbr.	0,85	16000 „	16. „	0,83	12500 „
14. „	0,73	9000 „	24. „	0,69	6000 „
24. „	0,54	2500 „	17. Decbr.	0,34	600 „

Nach diesen Resultaten zu schliessen, ist allerdings eine Volumabnahme in der Sonnennähe unzweifelhaft; allein nichtsdestoweniger darf man über diesen Punkt noch Zweifel hegen. Denn der Encke'sche Komet erscheint gleich den meisten anderen als eine an den Rändern unbestimmt verlaufende Nebelmasse, und Mädler bemerkt mit Recht: „Wenn der Komet der Sonne beträchtlich näher steht als Venus und selbst noch näher als Merkur, so werden wir ihn nicht mehr in voller Nacht, sondern nur noch in ziemlich heller Dämmerung erblicken; in dieser aber werden viele Parthieen der Nebelmasse die am schwarzen Nachthimmel noch gut ins Auge fallen, erbleichen und uns unsichtbar werden.“

Eine ausführliche Zusammenstellung sämmtlicher Bestimmungen des Durchmessers vom Encke'schen Kometen, hat kürzlich Schmidt geliefert. Werden die Messungen in 5 Gruppen zusammengefasst und nach Abständen von der Sonne geordnet, so ergibt sich:

Abstand v. d. Sonne in Erdbahnhalbmessern	Durchmesser d. Kometen
1,714	25000 Meilen
1,084	23000 „
0,916	16000 „
0,689	12000 „
0,535	9000 „

Es zeigt sich also auch hier eine Verringerung des Durchmessers mit der Annäherung an die Sonne, wenngleich allerdings in weit geringerem Grade als oben. Die Zukunft muss hier entscheiden.

Die Nebelhülle erscheint nie in allen Theilen gleichmässig hell, auch zeigt sie nicht jene Intensitätsverhältnisse, welche aus der Projection der einfachen parabolischen Gestalt gegen unsere Gesichtslinie entstehen; vielmehr erblickt man meist eine Anzahl durch dunkle Räume getrennter lichter Zonen, von im Einzelnen sehr wechselvoller Gestalt. Aus diesen concentrischen Ringen geht auf der der Sonne entgegengesetzten Seite

der Schweif hervor, bei manchen Kometen in einer Weise, die unwillkührlich zu der Vorstellung leitet, als werde die Nebelhülle von ihrem Mittelpunkte aus gegen die Sonne vorwärts gestossen, finde aber Widerstand und fliesse in parabolischer Linie zurück, ähnlich den herabfallenden Wassern eines Springbrunnens. Bessel erwähnte bezüglich des Halley'schen Kometen, dass er einer brennenden Rakete vergleichbar sei, deren Schweif durch Zugwind seitwärts gelenkt wird. Derselbe Komet hat den nämlichen grossen Beobachter zu überraschenden Thatsachen geleitet bezüglich der physikalischen Aenderungen, welche in den Kometenköpfen vor sich gehen. Am 2. October 1835 sah Bessel vom Kerne aus eine fächerförmige Ausströmung von Lichtmaterie hervorgehen, die eine lineare Ausdehnung von 600 Meilen besass. Am 8. October hatte sie ihre Lage gegen die Sonne merklich geändert und besonders in der Nacht des 12. October fand Bessel, dass der Lichtsector pendelartig in acht Stunden einen Bogen von 48 Grad durchlief. Leider wurden die weiteren Beobachtungen durch anhaltend ungünstige Witterung sehr beeinträchtigt; doch glaubte Bessel als Endresultat annehmen zu dürfen, dass der helle Sector in pendelartiger Schwingung begriffen sei und dass der ganze Ausschlagbogen etwa 120 Grad sowie die Dauer einer Oscillation 4 Tage 14^h betrage. Arago glaubte sich der Bessel'schen Erklärung nicht anschliessen zu können, einestheils weil er selbst am 21. October drei Sectore zugleich bemerkt hatte, eine Beobachtung, die Schwabe in Dessau am 22. und 23. ebenfalls machte, während Amici an dem letztern Tage sogar sechs solcher Sectore bemerkte; dann auch, weil an verschiedenen Tagen der Kopf des Kometen ein so durchaus verschiedenes Aussehen besass, dass es nicht unmöglich erschien, als sei nicht immer auf denselben Sector eingestellt worden.

Bessel hielt sich durch seine Untersuchungen zur Annahme einer eigenthümlichen Polarkraft berechtigt, jedenfalls ergab sich, dass die Anziehung der Sonne allein die Erscheinung nicht hervorbringen könne, wenigstens würde die oscillirende Bewegung selbst unter der Annahme eines ungewöhnlich elliptischen Kerns weit langsamer sein als die Beobachtungen ergaben. Die Untersuchungen seit Bessel's Tode haben bis jetzt noch keine genügenden Anhaltspunkte geboten, um ein endgültiges Urtheil über seine Hypothese zu gestatten.

Die in Rede stehenden Lichtausströmungen entspringen dem hellsten Punkte der Nebelmasse, dem sogenannten Kerne, der aber in den meisten Fällen in seinen äusseren Umrissen ebenso unbestimmt wie die Nebelhülle selbst erscheint und nur sehr selten ein scheibenförmiges Aussehen zeigt. In letzterm Falle ist der Kern nicht selten durch eine dunkle Zone von dem umgebenden Nebel getrennt. Herschel hat während seiner langen Laufbahn nur zwei Kometen mit planetarischem Kerne beobachtet: jenen, der 1807 in Sicilien entdeckt wurde und dessen Kern 134 Meilen Durchmesser besass; sowie den grossen Kometen von 1811, dessen Durchmesser 107 Meilen war. Der allerdings schlechter begrenzte Kern des Kometen

von 1798 (April) soll nur fünf Meilen, und jener des Biela'schen Kometen im December 1805 bloss sechs Meilen Durchmesser gehabt haben, während hingegen der Kern des Kometen III 1815 einen Radius von 800 Meilen besass.

Die grösseren Kometenkerne sind keine compacten Massen und man kennt kein Beispiel der Verdeckung eines Fixsternes durch einen Kometenkern. Auch der vielbesprochene Vorübergang des Kometen von 1819, der nach Olber's Rechnung am 26. Juni von 5^h 39^m bis 9^h 18^m statthatte, spricht mehr für die theilweise Durchsichtigkeit des Kernes, als dagegen. Ferner wird diese Ansicht unterstützt durch die auffallenden Volumänderungen der Kerne von vielen Kometen. Nach Arago's Beobachtungen erschien der vordem scharfe Kern des Halley'schen Kometen am 23. October 1835 plötzlich so verwaschen und gross, dass der Beobachter an eine so schnelle und bedeutende Veränderung kaum glauben konnte. Bei demselben Kometen war Lahire anderthalbhundert Jahre früher, am 26. August 1682, nicht minder erstaunt gewesen, den sternartig glänzenden Kern plötzlich matt und kaum wahrnehmbar zu finden.

Wenn aber auch die Kerne keine durchaus soliden Körper sind, so kann man doch die Beobachtungen, bei welchen kleine Sterne von der neunten Grösse ab nahe beim Kerne vorüberziehend und selbst in diesem stehend, ohne alle Schwächung des Lichtes sollen gesehen worden sein, nur mit Vorsicht anführen, ja man darf sie aus physiologischen Gründen geradezu bestreiten.

Ueber die individuelle Natur der Kometen ist man durch die neuesten Forschungen zu wichtigen Resultaten gelangt, die uns wenigstens einige Schritte der Lösung dieses schwierigen Problems näher bringen.

Im December 1866 fand Schiaparelli anknüpfend an einige frühere Untersuchungen von A. Erman für die im August sichtbaren Sternschnuppen eine parabolische Bahn, welche eine merkwürdige Uebereinstimmung mit derjenigen des III. Kometen von 1862 zeigte. Die Elemente beider Bahnen sind hier nebeneinander gestellt.

	Sternschnuppen des 10. August.	Komet III 1862.
Durchgang durch d. Perihel	Juli 23,62 m. Z. v. Mailand	August 22,9
Länge des Perihels . . .	343° 38′	344° 41′
Länge des aufsteig. Knotens	138 16	137 27
Neigung	63 3	66 25
Periheldistanz	0,9643	0,9626
Umlaufszeit	105 Jahre (?)	123,4 Jahre (?)
Bewegung	retrograde	retrograde

Die Umlaufsperiode der Augustmeteore ist noch zweifelhaft, ebenso jene des Kometen. Leverrier wurde hierdurch darauf geführt, die Bahn der Novembersternschnuppen unter Annahme einer nahe 33 jährigen Umlaufszeit zu untersuchen und erhielt ein Resultat, das, wie Peters sofort

bemerkte, mit der Bahn des Kometen I 1866 nach Oppolzer's Rechnungen eine ungemein grosse Uebereinstimmung zeigte. Schiaparelli hat im Februar 1867 auch seine Resultate über die Bahn der Novembersternschnuppen veröffentlicht. Bei diesen Rechnungen wurde das Maximum der Novembersternschnuppen für den 13ten 13^h 11^m mittl. Zeit v. Greenwich angenommen, und als Radiationspunkt 143° 12′ *AR* und + 10° 16′ *D* nach Alexander Herschel betrachtet, während die Umlaufszeit nach Newton auf $33^1/_4$ Jahr gesetzt wurde. Die folgende Tabelle enthält die Elementensysteme von Leverrier und Schiaparelli sowie nach Oppolzer diejenigen des Kometen I 1866.

	Sternschnuppen des 13. November		Komet I 1866
	Elemente nach Leverrier	Elemente nach Schiaparelli	Elemente nach Oppolzer
Periheldurchgang . . .		Nov. 10,092	Jan. 11,160
Länge des Perihels . . .	42° 24′	56° 25,9′	60° 28,0′
„ „ aufst. Knotens	231 18	231 28,2	231 26,1
Neigung	14 41	17 44,5	17 18,1
Periheldistanz	0,98900	0,9873	0,9765
Excentricität	0,904354	0,9046	0,9054
Halbe grosse Axe	10,34017	10,340	10,324
Umlaufszeit	33,25 Jahre	33,25 Jahre	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig	rückläufig

Anknüpfend an die vorgenannten Untersuchungen hat Dr. Weiss auch für die übrigen periodischen Sternschnuppenfälle aus den Verzeichnissen die Kometen herausgesucht, welche an den betreffenden Tagen sich in der unmittelbaren Nähe ihrer Knoten und gleichzeitig in einer Entfernung von der Sonne befanden, welche nahe mit derjenigen der Erde übereinkommt. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate dieser Arbeit. ☋ bezeichnet den niedersteigenden, ☊ den aufsteigenden Knoten, Δ die Differenz zwischen dem Abstande der Erde von der Sonne und demjenigen des Kometen von der letztern, t ist die Zeit des Knotendurchganges. Zweifelhafte Sternschnuppen sind durch (?) bezeichnet.

Sternschnuppen-fall	Komet	t	Δ	Knoten	Bemerkungen
Jan. 1. bis 4.	Komet II 1792	Jan. 3.	— 0,073	☋	
	„ IV 1860	„ 4.	+ 0,025	☊	
April 4. bis 11. (?)	„ 837	April 13.	— 0,021	☊	Sehr unsichere Bahn.
„ 20. „ 24. .	„ I 1861	„ 20.	+ 0,002	☋	Umlaufszeit 415 Jahre.
Mai 26. (?) . . .	—	—	—	—	Kein Komet.
Juli 27. bis 29.	„ II 1737	Juli 27.	+ 0,005	☋	
Sept. 1. (?) . . .	—	—	—	—	Kein Komet.
„ 18. bis 25. (?)	„ I 1790	Sept. 7.	— 0,054	☋	Unsichere Bahn.
	„ I 1763	„	— 0,016	☊	Umlfsz. wahrsch. 1000 J.
Oct. 19. bis 26.	„ 1779	Oct. 19.	+ 0,024	☊	
	„ 1739	„ 20.	+ 0,078	☋	
	„ 1097	„ 21.	+ 0,056	☋	
	„ 1366	„ 24.	— 0,054	☋	
Nov. 28.	„ von Biela	Nov. 28.	— 0,018	☋	Umlfsz. 6,6 Jahre.
Dec. 6. bis 9.	„ IV 1819	Dec. 9.	+ 0,065	☊	wahrsch. 4,8 J.

Weiss macht noch darauf aufmerksam, dass manche der periodischen Sternschnuppenfälle mit der gleichzeitigen Annäherung der Erde an die Bahnen mehrerer Kometen zusammentreffen. Dies findet auch beim Laurentiusstrom (Aug. 10. bis 13.) statt, indem in 317 Grad Länge ausser dem Kometen III 1762 noch der II. 1852 die Erdbahn durchkreuzt. Derselbe Astronom hat ebenfalls bezüglich einzelner reichen, aber isolirten Sternschnuppenerscheinungen, die also nicht periodisch wiederkehrten, Data gesammelt, welche deren Zusammenhang mit den die Erdbahn durchschneidenden Kometen erkennen lassen.

Wir haben uns sonach die Kometen als dichte Sternschnuppenschwärme vorzustellen und das Phänomen eines Sternschnuppenregens gibt uns ein Bild, wie sich der Zusammenstoss der Erde mit einem Kometen für uns Erdbewohner darstellen würde und in der That dargestellt hat.

„Das für Ergründung der Natur der Kometen und Sternschnuppen so wichtige Factum“ (des Zusammentreffens der Meteorschauer mit dem Knotendurchgange von Kometen), sagt Weiss, „lässt wohl keine andere Deutung zu, als dass der Kometenkörper in Folge des wolkenartigen Aggregationszustandes in dem wir uns denselben denken müssen, bei der Annäherung an die Sonne, theils wegen der dabei bewirkten Aenderung der Bedingungen der Stabilität solcher Systeme von materiellen Punkten, theils wegen der physischen Umwandlungen, die er erleidet, nicht mehr als ein Ganzes fortbestehen kann, sondern einzelne Parthieen abstossen muss, die sich mit Beibehaltung des frühern Aggregationszustandes um

neue Gravitationscentra sammeln, und wie leicht ersichtlich ist, in Bahnen die Sonne umkreisen werden, welche mit der Bahn des Mutterkometen eine grosse Aehnlichkeit besitzen."

Dass in der Nähe der Sonne, d. h. in denjenigen Regionen, wo uns Kometen überhaupt noch gut zu Gesichte kommen, Ausscheidungen stattfinden, beweisen u. A. besonders die Beobachtungen des Donati'schen Kometen durch Bond. Man erkennt in den Zeichnungen dieses Astronomen die Schichten des abgelagerten Stoffes noch jedesmal in den Stellungen und den Lagen, welche das im Raume fortschreitende Gestirn einige Tage früher eingenommen hatte.

Wenn es nach den neuesten Ergebnissen kaum einen Zweifel mehr unterworfen scheint, dass Kometen und Meteorsteine ihrer Natur nach übereinstimmen, so kann die geringe Masse der Haarsterne hiergegen nicht als Einwurf betrachtet werden. In der That ist letztere nur innerhalb der Grenzen unserer Wahrnehmungen gleich Null zu setzen und Babinet's Berechnungen, nach welchen die Masse eines Kometen kaum gleich derjenigen von einigen Cubikfuss Wasser zu setzen sei, geht von ganz besondern Voraussetzungen aus, mit denen wir uns hier nicht weiter zu befassen haben. Ein Komet, der aus mehreren Millionen von Meteorsteinen bestände, deren jeder 1 Centner wöge, würde trotzdem noch immer nicht $\frac{1}{1000\,000\,000\,000}$ der Erdmasse erreichen, und könnte selbst dann, wenn er der Erde auf 0,002 der Sonnenentfernung nahe käme, die Länge des siderischen Jahres noch nicht um $\frac{1}{5000}$ Secunde ändern. Wie derartige Massen von kosmisch kleinsten Individuen ein Ganzes bilden, in dem jeder einzelne Theil seine Selbständigkeit besitzt, ist ein schwieriges und noch ungelöstes Problem der Dynamik, gleich der ungestörten Bewegung von Myriaden Sonnen in kugelförmigen Sternhaufen. Es ist unzweifelhaft, dass man bei den Kometen hier mit der Gravitation allein nicht ausreicht, sondern dass noch andere physikalische Kräfte berücksichtigt werden müssen, die wir freilich augenblicklich noch nicht in Rechnung ziehen können. Dem Perturbationscalcül zufolge, müssten sich die Kometenköpfe, wenn sie ein Aggregat kleiner Meteormassen bilden, mit zunehmender Sonnennähe ausdehnen, und nach dem Durchgange durch das Perihel wieder zusammenziehen. Die Beobachtungen zeigen nichts davon, ja vielleicht sogar das Gegentheil. Dagegen entwickeln sich die Schweife für unsern Anblick in der Sonnennähe am bedeutendsten und es scheint, als gäben die Nebelhüllen der Köpfe das Material für die Schweife her. Werden aber diese Ausscheidungen in der Sonnenferne wieder zu dem Kopfe hingezogen, oder verdunsten die Schweife in den öden, äthererfüllten Weltraum? Diese Frage ist noch eine offene, aber die fortwährende Verdunstung ohne Zurückziehung zum Kerne wahrscheinlich. Ueber die Theilung der Kometenschweife kann man gegenwärtig gleichfalls nur Hypothesen wagen. Um beständig im verlängerten Radiusvector zu liegen, müssen die entfernteren Schweiftheilchen in gewissen Fällen selbst die doppelte Geschwindigkeit des Kopfes annehmen; besitzt aber jedes

einzelne Theilchen nicht ganz genau die ihm zukommende Geschwindigkeit, was durch eigenthümliche physische Zustände oder auch durch planetarische Anziehung eintretend gedacht werden kann, so wird sich der Schweif fächerartig ausbreiten müssen. Die Beobachtung von zwei Schweifen, deren einer der Sonne zu gerichtet war, findet ihre Erklärung wahrscheinlich darin, dass dieser Schweif nichts anderes als ein abnormes Ausströmungsphänomen von kurz begrenzter Dauer und wechselvoller Intensität war.

Gegenwärtig scheint es, als wenn die grösste Bereicherung unserer Kenntnisse von der individuellen Natur der Kometen aus der genauen Untersuchung der Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine erwachsen dürfte, besonders hinsichtlich der Schweife. Die Feuerkugeln sind kleine Kometen, die durch den Raum irren und sowohl von den Planeten als den grossen Kometen angezogen sich mit diesen vereinigen. Da die Kometen ihrerseits auch wieder Massen ausscheiden, so sind sie einer fortwährenden Veränderung unterworfen und wenn sich einige auflösen und verschwinden, so können andere periodisch an Grösse und Masse zunehmen. Solche Möglichkeiten realisiren sich, den später anzuführenden Beobachtungen gemäss, in der Wirklichkeit. Doch scheint der Zuwachs feste Grenzen zu besitzen, indem es sonst denkbar wäre, dass die Masse eines Kometen bis zur Bewirkung planetarischer Störungen anwüchse, wovon bis jetzt noch kein Beispiel bekannt ist.

Nachdem im Vorhergehenden in möglichster Vollständigkeit und gedrängter Kürze dasjenige aufzuzählen versucht wurde, was die moderne Wissenschaft über die Natur der Kometen im Allgemeinen erstrebt hat, erübrigt es, specieller einzelner Kometen-Individuen zu gedenken, die für den Fortschritt der Astronomie von Bedeutsamkeit geworden sind.

Wenn die Anzahl der Kometen, die nach Keppler's bildlichem Ausdrucke in den Himmelsräumen „schwimmen wie die Fische im Wasser", aus Gründen der Wahrscheinlichkeit, eine ganz enorm grosse genannt werden muss, und wenn von dieser Unzahl bisher nur verhältnissmässig wenige wirklich sind gesehen worden: so ist unter diesen letzteren wieder nur eine kleine Zahl, die, besonders rücksichtlich ihrer Bahnen, wissenschaftlich untersucht worden ist. Diese letzteren allein sind als Errungenschaften der Himmelskunde zu betrachten. Der für eine genäherte Bahnbestimmung nicht hinreichend beobachtete Komet verliert sich nach kurz dauernder Sichtbarkeit wieder in den ungemessenen Himmelsräumen, und kein Mittel bleibt dem Forscher übrig, bei einer etwaigen Wiederkunft des Haarsternes diesen sofort als periodisch zu erkennen, wenn nicht bei sehr kurzer Umlaufszeit eine grosse Anzahl möglichst fehlerfreier Ortsbestimmungen die Ableitung elliptischer Elemente gestattet, deren wichtigstes Glied (die grosse Axe) dann trotzdem noch immer einer

beträchtlichen Unsicherheit unterliegt, bis das Gestirn abermals wiederkehrend von neuem ist beobachtet worden.

Wir behandeln hier die berechneten Kometen in zwei Abtheilungen, deren eine die elliptischen, die andere die parabolischen Bahnen umfasst. Der Uebergang beider Classen in einander ist ein allmählicher, indem bei vieltausendjährigen Umlaufszeiten der Uebergang von der Parabel zur Ellipse meist ein gewagter, ja willkührlicher ist und die Bestätigung der Rechnung der späten Zukunft und der glücklichen Heimkehr des Haarsternes anheim gegeben werden muss.

Die Zahl der in elliptischen Bahnen einhergehenden Kometen, welche der Rechnung gehorsam zur bestimmten Zeit wiedergekehrt sind, beträgt gegenwärtig neun. Es sind folgende:

1) Der Encke'sche Komet.
2) Der Biela'sche Komet.
3) Der Faye-Möller'sche Komet.
4) Der Komet von de Vico.
5) Brorsen's Komet.
6) d'Arrest's Komet.
7) Der Winnecke'sche Komet.
8) Der Halley'sche Komet.
9) Der von Bruhns als periodisch erkannte Komet von 1790.

Der Encke'sche Komet wurde zuerst am 17. Januar 1786 von Méchain entdeckt, aber es gelang dem französischen Astronomen im Vereine mit Messier nur noch einmal, am 19. Januar, das Gestirn wiederzusehen. Es war also damals für die Berechnung, die mindestens drei Beobachtungen erforderte, verloren. Am 7. November 1795 sah Miss Herschel den Kometen wieder, aber auch die diesmaligen Beobachtungen genügten nicht zur Bahnbestimmung. Erst bei der Wiederkehr 1805 gelang es, parabolische Elemente zu berechnen, und als der Komet 1818 abermals zur Sonne zurückkehrte und Bouvard die erste genäherte Bahn desselben bestimmte, machte Arago sofort die Bemerkung, dass die Kometen von 1805 und 1818 wegen der Aehnlichkeit ihrer Bahnverhältnisse identisch sein dürften. Die genaueren Untersuchungen Encke's erwiesen bald, dass der Komet die überraschend kurze Umlaufszeit von 3,3 Jahren besitze. Die allgemeine Kometentafel enthält zwar schon die Bahnelemente dieses Gestirnes für die verschiedenen Zeiten seines Periheldurchgangs, doch dürfte es nicht überflüssig sein, dieselben nach Encke's Bestimmungen hier in einer Tabelle zusammenzustellen. Für die Erscheinungen von 1865 und 1868 haben v. Asten und Becker genäherte Elemente abgeleitet.

Bahnelemente des Encke'schen Kometen.

Periheldurchgang mittl. par. Zeit	Länge des Perihels	Länge des ☊	Neigung	Perihel-distanz	Halbe grosse Axe	Excen-trici-tät	Umlaufs-zeit	Bewe-gung
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″					
1786 Januar 30. 21h 7m 12s	156 38	334 8	13 36	0.33482	2,208	0,84836	3,281 Jahre	D
1795 Decbr. 21. 10 44 22	156 41 20	334 39 22	13 42 30	0,33442	2,213	0,84888	3,292 „	D
1805 Novbr. 21. 12 9 11	156 47 24	334 20 10	13 33 30	0,34042	2,213	0,84618	3,292 „	D
1819 Januar 27. 6 18 14	156 59 12	334 33 19	13 36 54	0.33525	2,214	0,84858	3,295 „	D
1822 Mai 23. 23 16 1	157 11 44	334 25 9	13 20 17	0.34597	2,224	0,84446	3,318 „	D
1825 Sept. 16. 6 42 39	157 14 31	334 27 30	13 21 24	0,34486	2.223	0,84489	3,315 „	D
1829 Januar 9. 18 3 28	157 17 53	334 29 32	13 20 34	0,34554	2,224	0 84462	3,316 „	D
1832 Mai 3. 23 34 6	157 21 1	334 32 9	13 22 9	0,34347	2,222	0,84541	3,312 „	D
1835 August 26. 8 48 53	157 23 29	334 34 59	13 21 15	0,34444	2,223	0,84504	3,314 „	D
1838 Decbr. 19. 0 26 59	157 27 4	334 36 41	13 21 28	0,34404	2,222	0,84518	3,313 „	D
1842 April 12. 0 35 30	157 29 27	334 39 10	13 20 26	0,34501	2.223	0,84479	3,314 „	D
1845 August 9. 15 11 11	157 44 21	334 19 33	13 7 34	0,33814	2,216	0,84744	3,300 „	D
1848 Novbr. 26. 2 55 56	157 47 8	334 22 12	13 8 36	0,33703	2,215	0,84783	3,296 „	D
1852 März 14. 17 22 9	157 51 2	334 23 21	13 7 54	0,33745	2,215	0,84766	3,297 „	D
1855 Juli 1. 4 49 0	157 53 12	334 26 24	13 8 9	0,33710	2,215	0,84779	3,295 „	D
1858 Octbr. 18. 8 50 58	157 57 30	334 28 34	13 4 15	0,34072	2,218	0,84639	3,304 „	D
1862 Februar 6. 50 22	158 0 50	334 30 50	13 5 0	0,33990	2,217	0,84671	3,302 „	D

Der **Encke**'sche Komet ist nicht allein durch seine kurze Umlaufszeit und den Umstand merkwürdig, dass sein Aphelium noch weit diesseits der Jupitersbahn bleibt, sondern auch dadurch, dass bei j'

der Zeit proportionale Vergrösserung der mittlern täglichen Bewegung stattfindet. Die Dauer der Umlaufszeit beträgt nach den letzten Untersuchungen Encke's $1211^d, 3259 - 0^d, 11176\, r$, wo r die Zahl der Wiederkünfte zum Perihel seit 1829 bezeichnet. Die Verkürzung beträgt also für neun Umlaufsperioden fast genau 1 Tag.

Diese merkwürdige Erscheinung führte zuerst Olbers auf die Annahme eines die Himmelsräume erfüllenden, der Bewegung widerstehenden Mediums. Hierdurch wird die Tangentialkraft des Kometen vermindert und mit ihr die grosse Axe der Bahn und die Periode des Umlaufs.

Diese Hypothese eines widerstehenden Mittels hat indess bis jetzt noch bei keinem andern Kometen Bestätigung gefunden, denn die Untersuchungen über die Bahn des Faye'schen Kometen, welche Möller in Lund angestellt, ergaben nach der letzten Revision der umfangreichen Störungsrechnungen keine der Zeit proportionale Beschleunigung der mittlern täglichen Bewegung, wie man vorher angenommen hatte.

Wenngleich man bestimmt annehmen kann, dass die Himmelsräume keineswegs absolut leer sind, so darf man doch gegenwärtig Zweifel an der Olbers-Encke'schen Hypothese eines wahrnehmbaren Widerstandes hegen; einestheils, weil sich, wie schon Bessel dagegen geltend machte, etwas Analoges noch bei keinem andern Kometen gezeigt hat, anderntheils, weil die Haarsterne Weltkörper von so eigenthümlicher Constitution sind, dass es durchaus nicht im Gebiete der Unwahrscheinlichkeit liegt, wenn wir in ihnen Processe vor sich gehend annehmen, die einen wahrnehmbaren Einfluss auf die Tangentialgeschwindigkeit des ganzen Körpers ausüben können. —

Der Biela'sche Komet wurde 1772 von Montagne zuerst gesehen, doch ohne dass man ihn als periodisch erkannte; ebenso 1805, wo Pons das wiederkehrende Gestirn auffand. Nachdem es seitdem zweimal unbemerkt zur Sonne zurückgekommen war, fand am 27. Februar 1826 Biela dasselbe von neuem auf und zehn Tage später auch Gambart. Beide erkannten aus den ersten parabolischen Elementen die Periodicität des Kometen und beeilten sich die Bahn elliptisch zu berechnen. Es ergab sich eine Umlaufszeit von 6,7 Jahren.

Der Komet erschien als Nebelmasse ohne Schweif, schwächer leuchtend als Encke's Gestirn, und Olbers bestimmte 1805 seinen Durchmesser zu 10,6 Erdradien.

Gleich wie Encke's Komet durch eine sich regelmässig verkürzende Umlaufszeit, so ist der Komet von Biela durch ein noch weit seltsameres Phänomen, durch plötzliche Zertheilung in zwei Gestirne und durch späteres gänzliches Verschwinden, für die Astronomie von Wichtigkeit geworden.

Abgesehen von den wenig sicheren Nachrichten, die Ephorus von einem Kometen des Jahres 371 v. Chr., und die chinesischen Annalen von einem ähnlichen im Jahre 896 v. Chr. geben, hatte schon Kepler bei dem Schweifsterne von 1618 von einer Theilung gesprochen und diese

Wahrnehmung wurde durch ähnliche Beobachtungen in Ispahan, Goa und Parma bestätigt. Nichtsdestoweniger hatte die neuere Astronomie — mit Recht oder Unrecht? — diese Wahrnehmungen durchaus ignorirt bis am 29. December 1845 zuerst die amerikanischen Zeitungen die überraschende Nachricht brachten, dass Maury auf dem Observatorium zu Washington den Biela'schen Kometen in zwei getheilt erblickt habe. In Europa bemerkte man die Trennung erst gegen Mitte und Ende Januar, obgleich schon am 19. December Hind eine Hervorragung gegen Norden an der noch ungetheilten Nebelmasse wahrgenommen hatte. Am 21. December scheint die Trennung noch nicht stattgefunden zu haben, da eine Beobachtung von Encke im Berliner Refractor nichts dergleichen andeutete. Struve fand am 19. Februar die Distanz beider Kerne gleich 6′ 7″, am 21. gleich 6′ 33″, am 4. März 7′ 20″, am 5. gleich 9′ 19″, am 23. gleich 13′ 32″. Doch war diese Zunahme der Entfernung nach Plantamour's Untersuchungen durchaus nur eine scheinbare und von der Annäherung an die Erde herrührend.

Nach d'Arrest's Rechnung ergeben sich die linearen Distanzen beider Kometenkerne für die verschiedenen Beobachtungstage wie folgt:

1846 Januar	14.	38 390	geogr. Meilen
„	24.	40 420	„ „
Februar	3.	41 529	„ „
„	13.	41 822	„ „
	23.	41 572	„ „
März	5.	41 091	„ „
„	15.	39 053	„ „
	25.	37 339	„ „

Das Maximum des wechselseitigen Abstandes fiel zusammen mit der Zeit des Periheldurchganges am 11. Februar 1846 und betrug ungefähr 41 930 Meilen. Diese Zahlen gelten übrigens für die frühere Encke'sche Sonnenparallaxe.

Höchst auffallend war bei den Zwillingskometen, die beide als vollständige und geschweifte Gestirne erschienen, der Helligkeitswechsel. Der allmählich anwachsende Nebenkomet übertraf eine Zeit lang das Muttergestirn, aber bis zum 24. März nahm er bis zur Unsichtbarkeit ab, während der grössere erst am 20. April verschwand.

Im Spätsommer 1852 kehrten beide Gestirne, der Rechnung gemäss, zur Sonne zurück und wurden in Rom, Pulkowa, Cambridge (England) und Berlin beobachtet. Die gegenseitige Distanz beider Kerne hatte sich bedeutend vermehrt; nach d'Arrest war dieselbe an verschiedenen Tagen folgende:

1852 August	27.	325 682	geogr. Meilen
September	4.	338 324	„ „
„	12.	347 526	„ „
„	20.	352 342	„ „
„	28.	350 310	„ „

Auch diesesmal fiel der grösste Abstand mit dem Perihel zusammen.

Im Jahre 1859 konnte das Gestirn wegen der Lage seiner Bahn nicht beobachtet werden, dagegen musste es im Winter 1866 für die Erde gut sichtbar werden. Nach den Untersuchungen von Dr. G. Michez mussten die Bahnelemente für diese Erscheinung sein:

Durchgang durch das Perihel	1866 Januar 26,4205	mittl. Berl. Zeit
Länge des Perihels . . .	109° 39′ 50,4″	mittl. Aequinoctium zur Zeit des Perihels
Länge d. aufsteig. Knotens	245 44 43,9	
Neigung	12 22 2,0	
Excentricitätswinkel . . .	48 43 21,4	
Mittlere tägliche Bewegung	530″,0625	
Halbe grosse Axe	3,5512	

Nach diesen Elementen musste sich das Doppelgestirn zwischen dem 2. September 1865 und dem 11. März 1866 innerhalb eines Theiles des Himmelsgewölbes bewegen, der zwischen 0^h 17^m 10^s und 7^h 59^m 25^s Rectascension und + 23° 27,9′ und — 49° 42,6′ der Declination liegt. Indess ist der Komet nicht aufgefunden worden, obgleich besonders d'Arrest und Secchi mit ihren grossen Instrumenten eifrig darnach suchten und der letztgenannte Astronom bei dieser Gelegenheit 14 neue Nebelflecke entdeckte.

Das Nichterscheinen des Kometen ist höchst auffällig. Littrow, O. Struve und Weiss glauben das Gestirn sei den Nachforschungen bloss entgangen, und der letztgenannte Astronom macht darauf aufmerksam, dass man 1842 bei den Beobachtungen, beide Kometenköpfe nicht genau identificiren konnte und dass, wenn 1852, wo der Komet der Erde fern blieb, die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung auf sechs Grad stiegen, man auch jetzt, nach einem nicht beobachteten Periheldurchgange von vornherein auf grosse Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung gefasst sein müsse. Dem entgegen behauptet d'Arrest, dass das Gestirn den Beobachtungen auf der Sternwarte zu Kopenhagen selbst dann nicht hätte entgehen können, wenn alle Störungsrechnungen seit 1852 wären verkehrt angebracht worden, ja der Komet wäre gesehen worden, wenn er in den Monaten November und December 1865 an der entgegengesetzten Seite des Himmels erschienen wäre.

Schon Kepler glaubte an eine nur ephemere Existenz der Kometen, die er freilich überhaupt nicht als Himmelskörper neben den Planeten gelten liess. Newton sprach klar den Gedanken aus, dass sich die Haarsterne mit der Zeit auflösen. Olbers war der Ansicht, dass der Stoff derselben langsam im Weltraume abgelagert würde, und Encke war, wie d'Arrest versichert, von dem allmählichen Schwächerwerden des nach ihm benannten Kometen fest überzeugt und glaubte, dass mit der Zeit nichts mehr davon übrig bleiben werde.

Sieht man die Theilung mit Recht nicht als ein gewissermaassen nur zufälliges, sondern häufiger vorkommendes Ereigniss an (der am 26. Februar 1860 von Liais in Olinda entdeckte Komet hat ebenfalls ein Beispiel derselben dargeboten), und untersucht man von diesen Gesichtspunkten aus die tabellarische Zusammenstellung aller berechneten Kometenbahnen: so trifft man allerdings einige wenige Fälle, wo man zu der Annahme verleitet werden möchte, als hätten in der That zwei nahezu gleichzeitig ihr Perihel erreichende Haarsterne vor Zeiten einen einzigen Kometen gebildet.

Ich habe in den Verzeichnissen vier Kometen gefunden, von denen je zwei als Zwillingskometen angesehen werden könnten. Es sind folgende, deren genäherte Elemente ich beifüge:

	Komet 1857.	Komet 1857.
Durchgang durch das Perihel . .	Juli 18.	October 1.
Länge des Perihels	249° 36′	250° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	23 41	14 58
Neigung	58 57	56 3
Periheldistanz	0,37	0,57
Lauf	R	R

Wenn nach Villarceau dem ersten Kometen eine Umlaufszeit von 7040, und nach Linsser dem zweiten eine solche von 2436 Jahren wirklich zukommt, so dürfen die Abweichungen, welche sich in den Knotenlängen und Periheldistanzen finden, nicht auffallen.

	Komet 1863.	Komet 1863.
Durchgang durch das Perihel . .	Februar 3.	December 29.
Länge des Perihels	191° 23′	183° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	116 56	105 2
Neigung	85 22	83 19
Periheldistanz	0,79	1,31
Lauf	D	D

Diese Kometen sind nur parabolisch berechnet worden. Valz machte darauf aufmerksam, dass der letztgenannte Komet mit jenem 1863 IV hinsichtlich der Knoten und Neigungen eine Uebereinstimmung zeige, die zu der Vermuthung berechtige, beide hätten sich in der Vorzeit getheilt. Ich stelle die Elemente beider Kometen daher hier noch zusammen.

	Komet 1863.	Komet 1863.
Durchgang durch das Perihel .	November 9.	December 29.
Länge des Perihels	94° 43′	183° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	97 29	105 2
Neigung	78 5	83 19
Periheldistanz	0,71	1,31
Lauf	D	D

Man ersieht hieraus, dass der Februar-Komet den zu erfüllenden Bedingungen (der Uebereinstimmung der Bahnelemente) im allgemeinen bessere Genüge leistet wie derjenige des November. —

Der Faye-Möller'sche Komet ward am 22. November 1843 als schweiflose, einen hellen Kern zeigende Nebelmasse von Faye auf der Pariser Sternwarte entdeckt.

Die Ellipticität der Bahn bei einer verhältnissmässig kleinen Umlaufszeit von 2700 Tagen ward schon bald von Goldschmidt in Göttingen erkannt und von Faye und Leverrier bestätigt. Letzterer bestimmte den nächsten Periheldurchgang auf die Mitternachtsstunde des 3. April 1851, er traf ein in den Vormittagsstunden des 2. April. Das Gestirn war so ungemein lichtschwach, dass es nur vom 28. November 1850 bis zum 4. März 1851 in Berlin, Cambridge (England) und Pulkowa beobachtet werden konnte. Bei der nächsten Wiederkunft 1858 ward der Komet bloss in Berlin und Cambridge gesehen. Die letzte Rückkehr im Spätsommer 1865 wurde besser beobachtet, indem der Komet in Athen, Berlin, Clinton, Kopenhagen, Paris und Rom gesehen ward. Er erschien als Nebel dritter Classe, nahe rund, 25″ gross, mit kleinem aber deutlichem Kerne in der Mitte. Diese Wahrnehmungen wurden am 22. August in Kopenhagen gemacht. Gegen Ende September, als sich die Nebelhülle stark vergrösserte, verlor sich das Lichtpünktchen in der Mitte.

Die Beobachter rühmen sämmtlich die ausgezeichnete Genauigkeit der Möller'schen Ephemeride, wodurch die Position des Gestirns nach einer siebenjährigen Unsichtbarkeit in Rectascension bis auf die Bogenminute, in Declination bis auf ein paar Secunden genau angegeben wurde. Die vor der Erscheinung abgeleiteten elliptischen Elemente sind nach Möller folgende:

Epoche 1865. October.	4,0 mittl. Berl. Zeit
Mittlere Länge	342° 18′ 32,41″
Länge des Perihels	49 56 54,56
„ „ aufsteig Knotens .	209 41 52,91
Neigung	11 22 7,44
Mittlere tägliche Bewegung .	478″,64582
Excentricitätswinkel . . .	33° 53′ 8,57″

De Vico's Komet wurde am 22. August 1844 entdeckt und erschien in dem darauf folgenden September dem blossen Auge als Stern sechster Grösse sowie im Fernrohre mit ziemlich bestimmtem Kern und schwachem Schweife. Brünnow und Leverrier stellten die Ellipticität bei einer Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren ausser Zweifel. Während aber die nächste Wiederkehr zum Perihel wegen der Stellung des Kometen unsichtbar bleiben musste, konnte das Gestirn im August 1855 sehr wohl sichtbar sein. Doch ist es nicht wiedergefunden worden, indem sich die Nachricht der Wiederauffindung durch Goldschmidt nicht bestätigt hat.

Nach Leverrier's Untersuchungen ist die Identität dieses mit dem von Lahire 1678 entdeckten Kometen anzunehmen.

Brorsen's Komet ward als teleskopische, kern- und schweiflose Nebelmasse am 26. Februar 1846 auf dem Kieler Observatorium entdeckt. Van Galen, Brünnow und Hind haben sich mit seiner Bahnbestimmung beschäftigt und fanden übereinstimmend eine Umlaufszeit von etwa $5^1/_2$ Jahren.

Bei seiner Rückkehr im Jahre 1851 hat man den Kometen nicht aufgefunden, wohl aber 1857, wo er von Bruhns gesehen wurde. Die letzte Rückkehr fand 1868 statt und ist der Komet besonders von P. Secchi am 23., 24. und 25. April spectroskopisch untersucht worden. Das Gestirn zeigte sich als ein kleiner, von Nebel umgebener lichter Kern siebenter bis achter Grösse. Das Spectrum war discontinuirlich, aus einer Anzahl lichter Zonen zusammengesetzt, zwischen denen sich sehr schwach erhellte Räume befanden. Die hauptsächlichste Zone liegt im Grün in der Nähe der Magnesiumlinie, zwischen dieser und der Fraunhofer'schen Linie *F* des Sonnenspectrums. Diese Bande war hell genug, um sie gleichzeitig mit dem directen Bild des Kometen sehen zu können; ihre Grenzen waren verwaschen und nebelig. Eine andere Zone zeigte sich im Blau, jenseits der Linie *F*, ebenfalls nebelig und schwächer als die vorhergehende. Ausserdem existirten noch zwei andere helle Zonen im Roth und Gelb, von denen die erstere sehr schwach war. Secchi schliesst mit Recht, dass der Komet (der dritte, der bis damals ein discontinuirliches Spectrum gezeigt) neben dem reflectirten Sonnenlichte auch eignes Licht aussendet, und hat diese Ansicht auch gegen die zum Theil sehr begründeten Einwürfe von Prazmowski behauptet. Huggins stimmt in seinen Beobachtungen des Spectrums den Schlüssen Secchi's bei und ist der Ansicht, dass das Spectrum des Winnecke'schen Kometen demjenigen des Donati'schen Kometen ähnlich sei.

Der d'Arrest'sche Komet ward am 27. Juni 1851 zu Leipzig entdeckt und bis zum October beobachtet. Der Entdecker fand bald, dass sich die Beobachtungen nicht gut durch eine Parabel, wohl aber durch eine Ellipse mit einer halben grossen Axe von 3,4618 darstellen lassen. Villarceau und Oudemans haben genauere Untersuchungen geliefert und die Rückkehr des Kometen zu seinem Perihel auf den December 1857 bestimmt, eine Voraussagung, die sich vollständig bewährt hat.

Winnecke's Komet wurde am 8. März 1858 zu Bonn aufgefunden, und der Entdecker fand, nachdem die parabolischen Elemente auf eine Identität mit dem Kometen III 1819 hindeuteten, eine Ellipse mit 5,559 Jahren Umlaufszeit. Der Komet ist seitdem nicht wiedergesehen worden.

Der Halley'sche Komet, der erste, dessen periodische Wiederkehr vorher bestimmt wurde, erscheint in den Annalen der Völker bis über den Anfang unserer Zeitrechnung hinauf.

Nach Hind lassen sich folgende Erscheinungen dieses Haarsternes nachweisen:

1)	12 v. Chr.	Perihel: October	8.	19^h	19^m		m. par. Zeit
2)	218 n. „	„ April	6.				
3)	295 „	„ „	(Anfangs)				
4)	373 „	„ November	„				
5)	451 „	„ Juli	3.	12^h			
6)	531 „	„ November	(Anfangs)				
7)	608 „	„ „	„				
8)	837 „	„ April	„				
9)	912 „	„ „	„				
10)	989 „	„ September	17.				
11)	1378 „	„ November	8.	18^h	28^m	48^s	
12)	1456 „	„ Juni	8.	22	10		
13)	1531 „	„ August	25.	19	10		
14)	1607 „	„ October	26.	17	20	19	
15)	1682 „	„ September	14.	19	14	14	
16)	1759 „	„ März	12.	13	23	55	
17)	1835 „	„ November	15.	22	41	22	

Edmund Halley kam 1705, als er die Elemente der Kometen von 1682, 1607 und 1531 nach seiner neuen Methode berechnet hatte, durch die auffallende Uebereinstimmung derselben mit einander aufmerksam gemacht, zu dem Ergebnisse, dass diese drei Erscheinungen nur Wiederkünfte eines und desselben Kometen seien. Er folgerte aus seiner Untersuchung, dass der Komet gegen Ende 1758 oder Anfangs 1759 wieder erscheinen werde. Nach der genauern Rechnung von Clairaut und Madame Lepaute sollte das Perihel eintreten am 13. April 1759, mit einer Unsicherheit der Rechnung von ± 30 Tagen; doch ist die Rechnung an sich nicht ganz fehlerfrei, wie Pontécoulant bei einer Revision derselben gefunden hat.

Am 25. December 1758 wurde der zurückkehrende Komet zuerst von dem Landmanne Palitsch zu Prohlis bei Dresden gesehen; Mitte Januar fand ihn Messier und am 1. April war er selbst dem blossen Auge sichtbar. Das Perihel traf ein am 12. März.

Am 1. April war der sehr schwache Schweif nach Messier 25 Grad lang. La Nux auf der Insel Bourbon fand seine Länge am 20. April gleich 6 bis 7 Grad, am 28. gleich 19 Grad und schmal, am 5. Mai endlich gleich 47 Grad und sehr schmal.

Die Vorausberechnungen für die Wiederkehr 1835 wurden besonders von Pontécoulant, Damoiseau, Rosenberger und Lehmann ausgeführt. Mitte October erschien der Kern von der Helligkeit eines Sternes erster Grösse, nachdem das Gestirn am 23. September von Laugier schon mit blossem Auge war erkannt worden.

Am 15. October erschien der Schweif nach Arago 20 Grad lang, am 16. 12 Grad, am 26. nach Schwabe 7 Grad, am 28. nach Herschel 3 Grad und der Kern gleich einem Sterne dritter Grösse. Im Fern-

rohre war der Komet zuerst aufgefunden worden von Dümouchel und de Vico in Rom am 5. August.

Ueber die physischen Eigenthümlichkeiten und Veränderungen des Kopfes vom Halley'schen Kometen ist bereits oben gehandelt worden. Hier sei nur noch bemerkt, dass sich die mittlere Umlaufszeit während der letzten sechs Perioden auf 76 Jahre 2 Monate stellt. Pontécoulant hat für die nächste Rückkehr des Kometen im Jahre 1910 die Elemente mit Rücksicht auf die Störungen, welche die Bahn durch die vereinigten Wirkungen der oberen Planeten erleidet, berechnet und gefunden:

Durchgang durch das Perihel	1910 Mai 16,95 m. Zt. v. Paris
Excentricität	0,96173317
Länge des Perihels	305° 38′ 14″
„ „ aufsteigenden Knotens	57 10 33
Neigung	17 46 51
Halbe grosse Axe	17,9554574
Mittlere tägliche Bewegung . .	46,635068″.

Der von Bruhns als periodisch erkannte Komet I 1858 wurde am 4. Januar von Tuttle in Cambridge (Vereinigte Staaten) aufgefunden. Schon die ersten Rechnungen zeigten die Identität mit dem Kometen II 1790, der zwischen beiden Epochen unbemerkt fünf Umläufe von je 13,7 Jahren gemacht hat.

Nachdem wir im Vorhergehenden diejenigen Kometen behandelt haben, die mit Sicherheit der Rechnung gemäss zurückgekehrt sind, gehen wir nunmehr zu denjenigen über, denen der Calcül eine elliptische Bahn angewiesen hat, die aber bis jetzt nur bei einem Periheldurchgange sind gesehen worden. Diese Kometen werden hier zusammengestellt nach der Dauer ihres Umlaufs; im allgemeinen sind in dieser Hinsicht nur die sechs ersten als einigermaassen sicher zu betrachten, aber bei allen, wo die Umlaufszeit ein Jahrhundert übersteigt, ist eine Vorherbestimmung der Wiederkehr sehr gewagt.

Der am 26. Juni 1846 von Peters in Neapel entdeckte Komet VI 1846 hat nach d'Arrest eine Umlaufszeit von	15,89 Jahren
Der von Tempel entdeckte Komet I 1866. Die Umlaufszeit ist höchst wahrscheinlich nicht grösser als	31,9 Jahren
Westphal's Komet hat nach der Berechnung des Entdeckers eine Umlaufsdauer von	60,7 Jahren
Der am 20. Juli 1812 von Pons entdeckte Komet, nach Encke's Rechnung	70,0 Jahren
Der von de Vico am 20. Februar 1846 aufgefundene Komet, nach Peirce	73,7 Jahren
Olbers' Komet, nach Bessel's Rechnung	74 „

		hat eine Umlaufszeit von
Der am 20. Juli 1847 von Brorsen gefundene Komet		75 Jahren
Komet 1863 II		124 „
„ von 1683		190 „
„ 1845 III		249 „
„ 1857 IV die berechneten Umlaufszeiten variiren von	178 bis	258 „
„ von 1840		344 „
„ 1843 I		376 „
„ 1861 I		415 „
„ 1861 II	420 bis	422 „
„ 1793 II		422 „
„ 1855 II		493 „
„ 1846 VII	400 bis	500 „
„ 1855 I	520 „	1059 „
„ 1853 II		785 „
„ 1811 II		875 „
„ 1854 V		998 „
„ 1860 III		1090 „
„ 1853 I		1215 „
„ 1854 IV		1310 „
„ 1846 VIII		1382 „
„ 1807		1714 „
„ 1858 V	(1880 bis	1950) „
„ 1769		2090 „
„ 1857 V		2463 „
„ 1827 II		2611 „
„ 1846 I		2721 „
„ 1811		3066 „
„ 1825		4386 „
„ 1822		5449 „
„ 1851 III		5550 „
„ 1858 VII		6000 „
„ 1857 VI		6143 „
„ 1857 III		7040 „
„ 1849 III		8375 „
„ 1680		8813 „
„ 1847 I		10818 „
„ 1840		13864 „
„ 1850 I		28800 „

Bei diesen Kometen muss in historischem Interesse noch desjenigen von 1770 gedacht werden. Er wurde im Juni 1770 von Messier entdeckt und Lexell erkannte, dass sich das Gestirn in einer elliptischen Bahn bewege, bei einer Umlaufszeit von 5 Jahren 7 Monaten. Allein weder vor- noch nachher ist der Komet gesehen worden, ein Fall.

der um so unerklärlicher war, als das Gestirn hell genug erschien, um der Hoffnung Raum zu geben, es werde künftighin nicht ungesehen vorüberziehen.

Erst Burckhardt's Untersuchungen klärten die Sache auf, indem dieser unermüdliche Rechner nachwies, dass der Komet bloss durch seine bedeutende Annäherung 1767 an den Jupiter in jene enge elliptische Bahn geworfen worden war, dass er aber 1779 durch die entgegengesetzte Wirkung jenes mächtigen Planeten wieder aus derselben gelenkt wurde und uns niemals mehr zu Gesichte kommen wird. Zwar hat Leverrier später darauf aufmerksam gemacht, dass Burckhardt's Rechnungen nothwendig von Schreibfehlern entstellt seien und solche hat wirklich d'Arrest in den Originalpapieren Burckhardt's aufgefunden; doch sind sie ohne wesentlichen Einfluss auf das Endresultat, denn der Komet hat nach der verbesserten Rechnung ehedem eine Umlaufszeit von nahe 11 Jahren besessen bei einer Periheldistanz von drei Erdbahnradien.

Es verbleibt noch schliesslich der wichtigsten nicht elliptischen Kometen zu gedenken, indess mögen hiervon nur diejenigen herausgehoben werden, bei denen sich eine hyperbolische Bahn den Beobachtungen am besten anschliesst. Diese sind:

1) Der Komet von 1771
2) „ „ „ 1774
3) „ „ II „ 1806
4) „ „ III „ 1818
5) „ „ I „ 1840
6) „ „ III „ 1844
7) „ „ VI „ 1847
8) „ „ II „ 1852
9) „ „ III „ 1853
10) „ „ IV „ 1853
11) „ „ VI „ 1863

Wenn man die Schwierigkeiten und den kurzen Zeitraum der Beobachtungen erwägt sowie ferner die geringen Differenzen, aus denen der Schluss auf die Hyperbel gemacht wird, so ist man allerdings geneigt, die hyperbolische Bahn, besonders der hier angeführten älteren Kometen, als ein blosses Rechnungsresultat anzusehen, dem die Wirklichkeit nicht immer entspricht. Zudem machen die neuesten Forschungen über die individuelle Natur der Kometenkörper mehr als wahrscheinlich, dass diese Massen, besonders wenn ihre Bahnen sehr ausgedehnt sind, in sehr veränderlichen, ephemeren Curven einhergehen. Es ist durchaus nicht unstatthaft anzunehmen, dass ein Komet, der als in rein parabolischer Bahn einhergehend betrachtet wurde, nach einer gewissen Jahresreihe, theils durch Anziehung der äussersten (und theilweise gewiss noch unbekannten) Planeten, theils durch gewaltige physische Revolutionen in ihm selbst, in eine ganz andere Bahn geworfen wird und uns wieder erscheint. Einige

gegenwärtig als periodisch erkannte Kometen von kleiner, planetenartiger Umlaufszeit sind trotzdem früher niemals gesehen worden, eine Thatsache, die sich am einfachsten dadurch erklärt, dass sie eben früher noch nicht in ihrer engen elliptischen Bahn einhergingen.

Die meisten parabolischen Bahnen sind einander durchaus nicht ähnlich, man schliesst daraus auf eine Verschiedenheit der betreffenden Kometen. Dieser Schluss aber ist vielleicht nicht richtig und die Anzahl der innerhalb unseres Sonnensystems vorhandenen Kometen geringer, als man bisher anzunehmen gewohnt ist. Vielleicht sind manche der früheren in den Verzeichnissen unter verschiedenen Nummern aufgeführten Kometen identisch, aber jedesmal in einer durch störende Einflüsse, die wir theilweise noch kaum ahnen, sehr bedeutend modificirten Bahn zurückgekehrt. Die älteren Beobachtungen sind bloss nicht genau genug, uns die Ellipticität zu zeigen. Wohl aber finden sich derartige Andeutungen in den neueren Beobachtungen, die sehr häufig auf nicht allzu grosse Ellipsen führen. Die Zukunft muss hierüber entscheiden, sie wird dann auch zeigen, weshalb der Halley'sche Komet relativ so beständig geblieben ist innerhalb der letzten 2000 Jahre, während andere weit mehr wandelbar erschienen sind.

Die Meteorite.

Die Welt der Meteorite hat erst seit verhältnissmässig sehr kurzer Zeit ihr Bürgerrecht in der Astronomie erworben, obgleich sie, was Raumfülle, Pracht der Erscheinung und Eigenthümlichkeit anbelangt in unserem Sonnensysteme einzig dasteht, und vielleicht in ihrer Gesammtheit Masse genug besitzt, um sich der verfeinerten Beobachtung dereinst durch planetare Störungen bemerklich zu machen.

Nach dem, was wir heute, hauptsächlich durch die Arbeiten von Chladni, Olbers, Bessel, Arago, Boguslawsky, Heis, Schmidt, Herrick, Quetelet, Newton, Schiaparelli, Leverrier und Anderen, von diesem bisher so vernachlässigten Theile der planetarischen Astronomie wissen, gehören die donnernd auf den Erdboden herabstürzenden Aërolithen, die farbig am Firmamente einherziehenden Feuerkugeln und die phosphorisch in fixsternähnlichem Glanze oft zu Tausenden auftauchenden Sternschnuppen in eine und dieselbe Classe von Phänomenen.

Wir beginnen unsere Betrachtungen mit den Aërolithen, der einzigen Gruppe von ausserirdischen Körpern, die in das Bereich unserer Berührung und unserer chemischen, qualitativen wie quantitativen Untersuchung treten.

Nach Miller und Haidinger scheint die älteste Erwähnung vom Himmel herabgefallener Meteorite im 15. Buche der Ilias (V. 18 bis 22) stattzufinden, indem die beiden Ambosse, von denen Jupiter spricht, zwei Meteorsteine sein sollen. Zur Unterstützung dieser Behauptung wird auf das Zeugniss des Eustathus verwiesen (12. Jahrhundert), nach dessen Versicherung man damals die beiden Ambosse noch gezeigt und als der Tradition zufolge vom Himmel gefallene Steine betrachtet habe. Als sicherer kann man den Steinregen betrachten, der 654 v. Chr. auf dem albanischen Berge statthatte und von dem Livius (I. 30.) spricht (wenngleich Humboldt vermuthet, es handle sich hier nur um einen vulcanischen Ausbruch), sowie ferner (nach de Guignes) den Fall von fünf Steinen in der chinesischen Provinz Song im Frühling 644 vor Beginn

unserer Zeitrechnung. Der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka ist nach Burton, der ihn von allen Seiten genau betrachtet hat, ein Meteorit von unbekannter Fallzeit, aber jedenfalls sehr hohem Alterthume. Der Tradition zufolge wurde er durch Engel vom Himmel zur Erde gebracht. Partsch hat die meteorische Natur dieses Steines noch in einer eigenen Abhandlung zu erweisen gesucht.

Ganz unzweifelhaft ist das Niederstürzen einer ungeheuren Steinmasse 476 v. Chr. bei Aegos Potamoi in Thracien. Pindar war vielleicht Augenzeuge des weitberufenen Ereignisses. Nach Plinius soll der Stein zu seiner Zeit noch vorhanden gewesen sein und die Grösse eines Wagens gehabt haben. „Trotz der vergeblich angewandten Bemühungen des afrikanischen Reisenden Brown,“ sagt A. v. Humboldt, „habe ich nicht die Hoffnung aufgegeben, man werde einst diese so schwer zerstörbare thracische Meteormasse in einer den Europäern jetzt sehr zugänglichen Gegend (nach 2300 Jahren) auffinden.“

Die älteste genauere Schilderung eines Meteoritenfalles im Allgemeinen, wird nach de Guignes schon lange vor unserer Zeitrechnung von den Chinesen gegeben. Sie gedenken in ihren Berichten der Wolke, aus welcher der Meteorit hervorbricht, der heftigen Donnerschläge und des prasselnden Niederstürzens des Aërolithen.

Unter den nach Beginn unserer Aera eingetretenen Meteorsteinfällen werden im Folgenden nur diejenigen angeführt, bei denen wenigstens das Jahr des Ereignisses sicher ist, und ausserdem noch etwas mehr als die blosse Erwähnung des Factums sich in den Annalen der Völker findet.

Nach E. Biot gedenken die Chinesen eines nach dem Voraufziehen einer Feuerkugel stattgehabten Steinfalles am 14. Januar 616, wodurch ein Wagen zerschmettert wurde und zehn Menschen ihr Leben verloren.

In Deutschland soll, den *Annales Fuldenses* zufolge, im Jahre 823 ein so grossartiger Aërolithenfall sich in Sachsen ereignet haben, dass Menschen und Vieh erschlagen und 35 Dörfer vom Feuer verzehrt worden seien.

Der nach der Chronik des Mönchs Benedict von St. Andrea in den gleichnamigen Fluss bei dem Orte Narni 921 gefallene grosse Meteorstein ragte angeblich eine Elle hoch über das Wasser hervor.

Avicenna gedenkt mehrerer Meteoritenfälle um das Jahr 1010 in Aegypten, Persien etc.; auch eine Eisenmasse soll nach ihm bei Dschardschan gefallen sein. Der berühmte Arzt und Chemiker beschreibt genau die näheren Umstände, welche das Herabstürzen begleiteten.

Nach Georg Fabricius fiel am Pfingstfeste 1164 eine Eisenmasse in der Gegend von Meissen nieder.

Am 1. October 1304 fielen nach Spangenberg bei Friedeburg an der Saale feurige Steine, dem Hagel gleich, vom Himmel, die Brand erregten und dem Landvolke vielen Schaden zufügten.

Der berühmte Ensisheimer Steinfall ereignete sich am 7. November

1492. Seit drittehalbhundert Jahren hängt in der Kirche dieses Ortes eine Tafel, neben einem Fragmente des Meteorits, welche besagt:

„*Anno Domini* 1492 uff Mittwochen nächst vor Martini den siebenten Tag Novembris geschah ein seltsam Wunderzeichen. Denn zwischen der eilften und der zwölfften Stund zu Mittagszeit kam ein grosser Donnerklopff und ein lang Getöss, welches man weit und breit hörte, und fiel ein Stein von den Lüfften herab bei Ensisheim in ihrem Bann, der wog zweihundert und sechzig Pfund, und war der Klopff anderwo viel grösser, dann allhier. Da sahe ihn ein Knab in eim Acker im oberen Feld, so gegen Rhein und Ill zeucht, bei dem Gisgang gelegen, schlagen, der war mit Waitzen gesäet und that ihm kein Schaden, als dass ein Loch innen würd. Da führten sie ihn hinweg und ward etwa mannig Stück davon geschlagen: das verbot der Landvogt. Also liess man ihn in die Kirche legen, ihn willens dann zu eim Wunder aufzuhencken und kamen viel Leut allher den Stein zu sehen, auch wurden viel seltsam Reden von dem Stein geredet. Aber die Gelehrten sagten, sie wissen nicht, was es wär, denn es wär übernatürlich dass ein solcher Stein sollt von den Lüfften herabschlagen, besonders es wär ein Wunder Gottes, denn es zuvor nie erhört, gesehen noch geschrieben befunden worden wär. Da man auch den Stein fand, da lag er bei halb Mannestief in der Erden, welches jedermann dafür hält, dass es Gotts Wille war, dass er gefunden würde. Und hat man den Klapff zu Lucern, zu Pfillingen und sonst an viel Orten so gross gehört, dass die Leut meinten, es wären Häuser umgefallen.

„Darnach uff Montag nach Catharinen gedachten Jahrs, als König Maximilian allhier war, hiessen ihre königliche Excellenz den Stein, so jüngst gefallen, ins Schloss tragen, und als man ihn darein brachte, hielt er Excellenz viel Kurzweil mit dem Stein, und da er lange mit den Herren davon redt, sagte er, die von Ensisheim sollten ihn nehmen und in die Kirche heissen aufhencken, auch niemands davon lassen schlagen. Doch nahm er Excellenz zwey Stück davon: das Ein behielt sein Excellenz, das Andere schickte er Herzog Siegmunden von Oesterreich. Und war eine grosse Sage von dem Stein, also hinck man ihn in den Chor, da er noch henckt. Auch kam eine grosse Welt den Stein zu sehen.“

Sebastian Brandt hat das Niederfallen dieses Meteoriten in einem Gedichte beschrieben, das P. Merian neuerdings auf der Universitätsbibliothek in Basel wiedergefunden hat und in dem es unter Anderem heisst:

„Drji Zentner schwer fiel dieser stein
Hie in dem Feld von Ensisheim
Drji eck hat der verschwerzet gar
Wie ertz gestalt und erdes war.
Ouch ist gesehen in dem lufft
Slymbes fiel er in erdes Klufft
Clein stück sint kommen hin und har

Und wit zerfüert sûst sichst in gar
Tunow Necker Arh Ill und Rin
Switz, Uri hoert den Klapff der In,
Ouch doent er den Burgundern ver
In forchten die Franzosen ser.
Rechtlich sprich ich das es bedüt
Ein bsunder plag derselben lüt.“

Die Explosion des Meteors scheint hiernach von ganz besonderer Heftigkeit gewesen zu sein. Das Fragment in der Kirche zu Ensisheim ist von graubläulicher Farbe, fast schieferig und leicht spaltbar, mit eingesprengten Olivinkörnern und enthält Eisenkies und nickelhaltiges Eisen. Am Stahle gibt es keine Funken und ist leicht zerreiblich.

Der ungeheure Meteorsteinfall von Crema ereignete sich am 4. September 1511. Petrus Martyr von Anghiera, der Fragmente eines der niedergefallenen Steine besass, gibt in einem seiner Briefe eine lebendige Schilderung des Phänomens, obgleich er es selbst nicht beobachtet hat. Hiernach erschien ein grosses, tiefschwarzes Gewölk, aus dem Blitze hervorgingen, welchen Donnerschläge folgten. Die Erleuchtung war so bedeutend, dass die Bewohner von Bergamo während der fast gleichzeitig eintretenden totalen Sonnenfinsterniss die ganze Ebene von Crema sehen konnten. Dem Herabsturze der Steinmassen ging das Auftreten einer geschweiften Feuerkugel voraus, die Cardanus bezeichnend genug für einen Kometen hielt. Die niederfallenden Massen erschlugen Vögel und Schafe, selbst Fische; auch ein Frate zu Crema wurde getödtet. Cardanus behauptete, es seien 1200 einzelne Steine gefallen und unter diesen einer von 260 und ein anderer von 120 Pfund.

Im Jahre 1583 fiel im Thüringischen unter starken Detonationen ein Stein zur Erde, 39 Pfund schwer, der sich $^3/_4$ Elle tief in den Boden wühlte und kurze Zeit nachher noch so heiss war, dass man ihn nicht anrühren konnte.

Nach Mercati sahen am 9. Januar 1583 einige Bewohner von Castro Villari in Calabrien bei heiterer Luft plötzlich eine düstere, sich schnell bewegende Wolke, aus der unter furchtbarem Getöse ein 30 Pfund schwerer Stein zur Erde stürzte und zerbarst.

Gassendi sah am 27. November 1617 in der Provence eine sehr grosse Feuerkugel, welche donnernd explodirte und aus der mit Zischen ein Stein, heiss dampfend und den gerade hoch liegenden Schnee schmelzend, herabstürzte, und sich drei Fuss tief in den Erdboden wühlte. Der Meteorit wog 59 Pfund und war von dunkler metallischer Farbe.

Am 7. März 1618 senkte sich ein feuriges Meteor um Mitternacht auf den Justizpallast in Paris herab und erregte Brand im grossen Sitzungssaale.

Etwa dreissig bis fünfunddreissig Jahre später fiel nach dem Berichte des schwedischen Capitains Olaf Erikson Wilmann ein Meteor-

stein auf das Verdeck seines segelnden Schiffes und erschlug zwei Matrosen. Dieses Ereignisses, obgleich das Jahr desselben nicht genau festgestellt ist, wurde hier ausnahmsweise gedacht, weil seine Thatsächlichkeit ausser Zweifel steht.

Im Jahre 1660 fiel zu Mailand ein äusserst kleiner Meteorit in das Kloster Sta. Maria della Pace und tödtete einen Franziskanermönch. Man fand an dem Schenkel des Unglücklichen eine schwarze, bis zum Knochen reichende Wunde und im Grunde derselben ein rundliches, scharfrandiges beim Zerbrechen schweflig riechendes Steinchen.

Valisneri, Montanari und Andere gedenken eines gewaltigen Steinfalls im Juni 1668 (nach Anderen 1672?), der zur Nachtzeit im Veronesischen sich ereignete, und wobei unter furchtbaren, von Feuererscheinungen begleiteten Detonationen zwei Steine, zwei bis drei Centner schwer, zur Erde fielen.

Scheuchzer berichtet in seiner Naturgeschichte der Schweiz über das Niederfallen eines Meteorsteines am 19. Mai 1698.

Unter Donnergetöse fielen am 22. Juni 1723 bei Plescowitz und Liboschitz in Böhmen 33 Steine aus den Lüften herab. Sie verbreiteten Schwefelgeruch und waren metallischer Natur, mit einer schwarzen Rinde überzogen.

Ein ähnlicher Steinregen fand, wie Castillon anführt, am 18. October 1738 bei Carpentras in der Grafschaft Avignon statt.

Am 1. October 1750 fiel ein Stein zu Nicorps bei Cousance in der Normandie unter heftigem Getöse nieder.

Im Jahre 1751, am 26. Mai, sah man in einem grossen Theile von Deutschland eine feurige Kugel, die mit dumpfem Geräusch gegen Osten zog. Sie explodirte heftig detonirend und aus dem entstehenden schwarzen Rauche fielen zwei Massen nieder bei Hradschina im Agramer Komitate in Croatien. Wie Haidinger neuerdings aus alten Urkunden nachgewiesen hat, blieb der zickzackförmige Schweif der Feuerkugel 3½ Stunden lang am Himmel sichtbar. Von den beiden niedergefallenen Massen wog die eine 71 Pfund und war auf einem frisch gepflügten Acker drei Klafter tief in den Boden gedrungen. Ein kleineres Fragment von 16 Pfund lag 2000 Schritte davon entfernt, scheint aber verloren gegangen zu sein, während das andere Stück in der kaiserlichen Schatzkammer aufbewahrt wurde. Die Oberfläche desselben ist zellig, der Kern besteht überwiegend aus gediegenem Eisen und ist von einer dünnen schwarzen Rinde umgeben.

Der am 5. Juli 1753 bei Plan Strkow in der Nähe von Tabor in Böhmen gefallene, fünf Pfund schwere Meteorit ist mit Adern und eingesprengten Körnern von gediegenem Eisen und Magnetkies durchzogen. Das Ganze überdeckt eine dünne schwarze Rinde.

In dem nämlichen Jahre, am 7. Februar um 2 Uhr Nachmittags, fielen zu Luponas (Departement Ain) unter weithin schallendem Getöse zwei Steine nieder, von denen der eine 20, der andere 11½ Pfund wog.

Sie haben an ihrer Oberfläche eine schwarze Rinde, wie geschmolzen, und kommen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung mit den Meteoriten von Tabor überein.

Bei Alboreto unweit Modena fiel im Juli 1766 ein Meteorstein hernieder, von dem sich ein Fragment (13,31 Gramm schwer) im Wiener Hof-Mineraliencabinet findet und über den Troili *Ragionamento delle caduto di un sasso, Modena 1766*, schrieb.

Am 13. September 1768 sah man zu Lucé im Sarthe-Departement eine kleine düstere Wolke, vernahm einen kurzen Donnerschlag dem ein brüllendes Getöse folgte und erblickte einen dunkeln Körper aus den Wolken herabstürzen. Man fand einen $7^1/_2$ Pfund schweren Stein im Rasen stecken und noch so heiss, dass man ihn nicht berühren konnte. Die chemische Untersuchung des Aërolithen, mit welcher von der Pariser Akademie Fougeroux, Cadet und Lavoisier beauftragt wurden, musste damals noch sehr unvollkommen ausfallen. Die Commission fand den Stein zusammengesetzt aus 55,5 Theilen glasartiger Masse, 36 Theilen Eisen, und den Rest bestehend aus Schwefel. Da man den Aussagen der Augenzeugen, dass der Stein aus den Lüften gefallen sei, keinen Glauben beimass, so nahm man als wahrscheinlichsten Ursprung an, der Meteorit habe unter dem Rasen gelegen, sei vom Blitze getroffen, herausgeschleudert und oberflächlich geschmolzen worden.

Am 20. November desselben Jahres, Nachmittags 4 Uhr, fiel ein 38 Pfund schwerer Stein bei Mauerkirchen (Oesterreich ob der Enns) nieder. Auch hier ging nach dem eidlich erhärteten Berichte von Augenzeugen eine heftige Detonation dem Niedersturze vorauf.

Am 24. Juli 1790 fiel bei Juillac in der Nähe von Roquefort ein Meteorstein nieder, über welchen der Bürgermeister des Kirchspiels ein amtliches Protokoll aufnahm, in dem es heisst, dass ein grosses Feuer am Himmel erschienen sei, dass von vielen Zeugen unmittelbar darauf ein heftiger Knall vernommen worden, und einige Minuten später Steine vom Himmel gefallen wären, von denen etliche nicht gar tief in den Erdboden eingedrungen. Dr. Baudin, Professor in Pau, hatte jene Meteorerscheinung ebenfalls bemerkt und gab davon folgenden Bericht, der auch heute noch als Muster betrachtet werden darf:

„Als ich am Samstage, den 24. Juli 1790, Abends halb zehn Uhr, im Hofe des Schlosses Mormés bei reiner, ruhiger Luft spazieren ging, wurden wir überrascht, uns plötzlich von einem weissen, hellen Lichte umgeben zu sehen, das, obgleich Vollmond war, den Mondschein überstrahlte. Wir erblickten über uns ein aussergewöhnliches Meteor vorbeifliegen. Es war eine Feuerkugel, deren Durchmesser grösser erschien als derjenige des Mondes. Sie zog einen Schweif hinter sich, fünf- bis sechsmal länger als breit, welche Breite derjenigen der Kugel gleichkam, und ging gegen Ende spitz zu. Die Farbe der Kugel und des Schweifes war ein mattes, blasses Weiss, aber die Spitze erschien tiefroth, fast blutroth. Wir hatten kaum zwei Secunden geschaut, als sich die Kugel in mehrere

beträchtliche Stücke trennte, die wir in verschiedenen Richtungen fallen sahen und welche nur eine kleine, weissliche Wolke an der Stelle, wo die Kugel zersprang, zurückliessen. Die verschiedenen Trümmer verlöschten in der Luft; andere hatten während des Fallens die nämliche rothe Farbe, welche ich am Ende des Schweifes bemerkt hatte. Ungefähr drei Minuten später hörten wir einen furchtbaren Donner, oder vielmehr eine Explosion, wie beim Abfeuern schwerer Geschütze; der Lärm schien senkrecht über unseren Häuptern und in den Thälern der Pyrenäen widerzuhallen. Ich schloss, das Meteor müsse wohl sechs bis sieben Meilen über uns gewesen sein und dass es etwa vier Meilen von Mormés gegen Norden niedergefallen sei. Dies bestätigte sich, denn es war bei Juillac zur Erde gekommen und einige Steine fast bei Barbotan. Es scheint, dass das Meteor bei Juillac zerplatzte und dass sich die Steine auf eine runde Fläche von zwei Meilen Durchmesser vertheilten, wo sie von verschiedener Grösse niederfielen. Man hat von diesen etliche gefunden, welche 18 bis 20, ja 50 Pfund wogen und die sich zwei bis drei Fuss tief in die Erde gewühlt hatten. Das Meteor wurde zu Bayonne, Pau und selbst zu Bordeaux und Toulouse gesehen."

Am 16. Juni 1794, 7 Uhr Abends, erblickte man zu Siena (Toskana) nahe dem Zenith ein kleines düsteres Wölkchen an dem sonst klaren Himmel. Plötzlich gingen von demselben unter Feuererscheinung Detonationen aus, in Folge deren sich Rauch zu entwickeln schien, der nebelartig und in heftiger Bewegung sich zeigte. Die Explosionen wiederholten sich eine Zeit lang in rascher Aufeinanderfolge, während zischend eine Menge von Steinen auf den vom Regen erweichten Erdboden herabfiel und hier eindrang. Die verschiedenen Fragmente, wahrscheinlich Trümmer einer einzigen Masse, waren nur klein (das grösste wog sieben Pfund) und beträchtlich erhitzt. Sie zeigten sich mit einer schwarzen Rinde umgeben, und enthielten fein vertheilt Eisen und Magnetkies in geringen Mengen.

Am 13. December 1795 hörte man bei Woldcottage in Yorkshire einen furchtbaren Donner und mehrere Beobachter sahen unter einer Art Funkensprühen einen Stein aus den Lüften fallen, der zwei Fuss tief in die Erde drang und nach einiger Zeit, noch heiss und Schwefelgeruch verbreitend, herausgezogen wurde. Der Meteorit wog 56 Pfund und war mit einer geschmolzenen Kruste überzogen. Howard hat ihn analysirt und gefunden:

50,00	Kieselsäure
32,00	Eisenoxyd
24,66	Magnesiumoxyd
1,30	Nickeloxyd

Im Jahre 1798 am 8. oder 12. März erblickte man zu Salés (Departement du Rhône) um 6 Uhr Abends eine geschweifte Feuerkugel, die zischend und funkensprühend in anscheinend geringer Entfernung bei

mehreren Personen vorbeieilte und unter Brausen zur Erde fiel. Am anderen Tage fand man an dieser Stelle in $1^1/_2$ Fuss Tiefe einen schwarzen Stein, warm und nach Schwefel riechend, 25 Pfund schwer. Nach Klaproth's Analyse war die Zusammensetzung:

2,25 . . . . Eisen
0,60 . . . . Nickel
44,00 . . . . Kieselsäure
22,50 . . . . Magnesiumoxyd
25,00 . . . . Eisenoxyd

Am 13. December 1798 erschien über dem Horizont von Benares eine grosse Feuerkugel, die unter Donner und Getöse explodirte. Sie schleuderte über eine Fläche von etwa zwei Quadratmeilen Steine einher, deren grösster zehn Pfund schwer sein mochte. Nach Howard's Untersuchung bestand die Grundmasse aus:

48 . . . . Kieselsäure
18 . . . . Magnesia
34 . . . . Eisenoxyd
2,5 . . . . Nickeloxyd

Die schwarze Kruste zu analysiren gelang nicht, weil zu geringe Mengen erhalten wurden.

Den 26. April 1803, zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags, sah man zu Alençon, Falaise und Caen eine Feuerkugel, die sich von Südost nach Nordwest bewegte. Einige Augenblicke nachher vernahm man bei l'Aigle im Orne-Departement aus einem kleinen, fast unbeweglichen Wölkchen eine fünf bis sechs Minuten andauernde Explosion, deren Heftigkeit einige Male ab- und zunahm. Jedesmal entfernten sich einige der Dämpfe welche das Wölkchen bildeten. Eine Lichterscheinung ward nicht bemerkt. Die niedergefallenen Steine fanden sich auf einer elliptischen Fläche von 1 bis 2 Meilen Länge vertheilt, ihre Anzahl betrug 2000 bis 3000 und der grösste wog 18 Pfund, der kleinste 8 Gramm. Einige Tage später waren sie fester als unmittelbar nach dem Falle. Fourcroy und Vauquelin haben einzelne Fragmente (ziemlich unvollkommen) analysirt und fanden als Zusammensetzung derselben:

53 . . . . Kieselsäure
9 . . . . Magnesiumoxyd
36 . . . . Eisenoxyd
3 . . . . Nickeloxyd
2 . . . . Schwefel

Am 15. März 1806 fielen bei St. Etienne de Lolm und Valence in der Nähe von Alais unter heftigen Explosionen zwei Steine von acht und vier Pfund Gewicht heiss hernieder. Die Analysen, welche Monge, Ber-

thelot, Vauquelin, Fourcroy und Thénard ausgeführt haben, sind sehr unvollkommen. Erstere fanden:

38 . . . . Eisenoxydul
30 . . . . Kieselsäure
14 . . . . Magnesia
2 . . . . Nickel
2 . . . . Manganoxydul
2 . . . . Chromoxyd
2 . . . . Kohle
Spuren von Schwefel

Schon Berzelius fand 1834, dass dieser Meteorit eine organische, in Wasser lösliche, beim Erhitzen sich bräunende und etwas schwarze Kohle zurücklassende Masse enthalte. Roscoe hat ein Fragment des Meteoriten kürzlich untersucht. Die weisse Efflorescenz an der Oberfläche des Minerals besteht hauptsächlich aus kleinen Krystallen von schwefelsaurer Magnesia, ausserdem konnten durch die Spectralanalyse noch Natrium und Calcium nachgewiesen werden. Eisen ist nicht in den löslichen Salzen enthalten. 1,0583 Gramm traten an Wasser 0,1155 Gramm lösliche Bestandtheile ab. Aether löste aus dem Rückstande 1,94 Proc. von dem ursprünglichen Mineral und aus der Lösung schieden sich beim Verdampfen Krystalle ab. Diese besassen einen eigenthümlichen aromatischen Geruch und schmolzen bei 114°, sublimirten bei weiterem Erhitzen und hinterliessen einen geringen kohligen Rückstand. Unter dem Mikroskop erkannte man zwei verschiedene Krystallformen, die eine nadelförmig, die andere rhombisch. Jene waren in absolutem Alkohol schwer, in Aether, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl und kalter Salpetersäure leicht löslich und färbten die Schwefelsäure braun. Letztere lösten sich ebenfalls in Aether und Schwefelkohlenstoff, wurden aber von kalter Salpetersäure, Schwefelsäure und Terpentinöl nicht verändert. Der ätherische Auszug gab mit Schwefelsäure keine Reaction; nach dem Kochen mit Salpetersäure aber entstand ein leichter Niederschlag von schwefelsaurem Baryt. Bei der Verbrennung im Sauerstoffstrome gaben 0,0078 Gramm des Extracts bei 100° getrocknet 0,010 Gramm schweflige Säure, 0,008 Gramm Kohlensäure und 0,003 Gramm Wasser. Demnach enthielt der Meteorit 1,24 Proc. freien Schwefel, 0,54 Proc. Kohlenstoff und 0,1 Proc. Wasserstoff in einer in Aether löslichen Verbindung. Das Mineral enthält ausserdem eine beträchtliche Menge von Kohle (wahrscheinlich Graphit), welche in Aether unlöslich ist. Die totale Menge Kohle wurde durch Verbrennen in Sauerstoffgas bestimmt und gleich 3,36 Proc. gefunden.

Am 13. März 1807 fiel bei Timochin im Gouvernement Smolensk ein 140 Pfund schwerer Stein nieder, dessen Oberfläche schwarz und von drahtähnlichen Streifen überzogen aussieht, während das Innere aschgrau ist.

Bei Weston in Nordamerika sah man am 14. September 1807 eine Feuerkugel, welche sich sprungweise, gewissermaassen hüpfend fortbe-

wegte. Sie explodirte drei Mal und schleuderte auf einer Strecke von zehn englischen Meilen Länge Steine herab, die beim Auffinden noch heiss und weicher waren als später. Sie erschienen von einer schwarzen Rinde überzogen, und der grösste wog 35 Pfund. Wardent's chemische Analyse ist zu unvollkommen, als dass sie Erwähnung verdient.

Am 22. Mai 1808 fielen zu Stannern in Mähren auf einer elliptischen Fläche 200 bis 300 Steine von $^1/_2$ Loth bis 11 Pfund Gewicht. v. Schreibers hat das Factum genau untersucht und Rammelsberg eine Analyse des Meteoriten gegeben, nach welcher der in Säuren lösliche Theil Anorthit, der unlösliche Augit zu sein scheint. Metallisches Eisen fehlt ganz. Haidinger hat an diesem Meteoriten die Einwirkungen des Durchgangs durch die Atmosphäre nachzuweisen versucht.

Nach Boussingault und Mariano de Rivero fiel in der Nacht vom 20. zum 21. April 1810 auf dem Wege von Pomplana nach Bogota (Süd-Amerika) ein Meteorit von 1500 Pfund Gewicht so tief in den Boden, dass er kaum noch einige Zoll darüber hervorragte. Die genannten Forscher fanden als Zusammensetzung:

92 . . . . Eisen
8 . . . . Nickel

Am 23. November 1810 sah man in Chersonsville (Departement Loiret) eine Feuerkugel, die drei Mal explodirte und zwei Steine von 40 und 20 Pfund Gewicht auf den Boden niederschleuderte. Diese Steine haben wie gewöhnlich eine schwarze Rinde; was sie indess besonders auszeichnet, sind schwarze unregelmässige Adern von derselben Textur wie die Grundmasse, die sich nur durch ihre dunklere Farbe hervorheben.

Am 5. August 1812 fiel zu Chantonnay in der Vendée ein Meteorit von 69 Pfund, der noch ein halbes Jahr nach dem Falle einen intensiven Schwefelgeruch verbreitete, am Stahle Funken gibt und auf dem Bruch ungewöhnlich dunkel ist. Die Rinde ist undeutlich und stellenweise von dunkelgraurother Farbe. Nach der Analyse von Berzelius hat der Meteorit folgende Zusammensetzung;

Durch Salzsäure zersetzbarer Theil 51,12 Proc.

Lösliches Mineral		Sauerstoffgehalt
Kieselsäure	32,607	16,96
Magnesia	34,357	20,04
Kalk	—	
Eisenoxydul	28,801	
Manganoxydul	0,812	
Nickeloxydul mit Zinkoxyd und Kupferoxyd	0,456	
Kali und Natron	0,977	
Thonerde	—	
Chromeisen	—	
Verlust	1,971	

Durch Salzsäure unzersetzbarer Theil 48,88 Proc.

Unlösliches Mineral		Sauerstoffgehalt
Kieselsäure	56,252	29,75
Magnesia	20,396	
Kalk	3,106	
Eisenoxydul	9,723	
Manganoxydul	0,690	
Nickeloxydul mit Zinkoxyd und Kupferoxyd	0,138	14,34
Kali und Natron	1,512	
Thonerde	6,025	
Chromeisen	1,100	
Verlust	1,070	

Nach Rammelsberg besteht der unlösliche Theil aus 1 Labrador und 4 Hornblende, der lösliche enthält Olivin und ein Silicat, das aber kein Anorthit ist.

Am 13. December 1813 fielen bei Lontalax in Finnland eine Menge Meteorsteine, meist in einen See, der mit Eis bedeckt war, so dass nur diejenigen gefunden werden konnten, welche nicht durch das Eis durchgeschmolzen waren. Nordenskjöld und später Berzelius haben dieselben genauer untersucht. Nach dem letztgenannten Chemiker bestehen die in Säuren unlöslichen 6,37 Proc. des Minerals aus Chromeisen, Zinn, Magnesia, Kalk, Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul.

Am 5. September 1814 um Mittag fielen bei Agen im Departement Lot und Garonne Steine nieder, die eingesprengten Magnetkies und nach Stromeyer Chrom, aber keinen Nickel enthalten.

Am 3. October 1816 fiel zu Chassigny in der Nähe von Longres ein Meteorit, dessen chemische Zusammensetzung von Vauquelin untersucht wurde. Schon diese unvollkommene Analyse zeigt, dass dieser Stein rücksichtlich seiner Zusammensetzung eine grosse Aehnlichkeit mit dem Peridot besitzt, die freilich Vauquelin entgehen musste, da zu seiner Zeit das Gesetz des Isomorphismus noch nicht bekannt war. Damour hat 1862 eine neue Untersuchung des Meteoriten ausgeführt. Dieser Stein unterscheidet sich von den anderen durch eine blassgelbe Färbung und erscheint unter der Loupe als zusammengesetzt aus einer Menge kleiner, rundlicher, glasartig glänzender Körper, die stellenweise einzelne tiefschwarze Körner umschliessen. Er ist weder magnetisch noch enthält er metallisches Eisen oder Nickel und seine Dichte ist 3,57. Nur die äussere Rinde wird vom Magnete angezogen. Vor dem Löthrohre schmilzt der Stein zu einer schwarzen magnetischen Schlacke. Von Salpetersäure wird er angegriffen. Die abgedampfte Lösung liefert gallertartige Kieselsäure. Nach der Analyse hat er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff		Verhältniss
Kieselsäure	0,3530	—	0,1833	1
Magnesia	0,3176	0,1248		
Eisenoxydul	0,2670	0,0593	1,851	1
Manganoxydul	0,0045	0,0010		
Chromoxyd	0,0075			
Kali	0,0066			
Pyroxen	0,0377			

Diese Resultate führen zu der Formel $(^1/_3\ FeO,\ ^2/_3\ MgO)_2\ SiO_2$, welche dem Hyanosiderit zukommt.

Am 13. Juni 1819 fielen bei Jonzac im Departement der untern Charente eine Menge Steine, die durchaus keinen Nickel, wohl aber Chrom enthalten.

Zu Lasdani bei Dünaburg sah man am 12. Juli 1820 eine grosse, explodirende Feuerkugel, aus welcher Steine, heiss und Schwefelgeruch verbreitend, herabgeschleudert wurden. Sie besitzen eine schwarze, rauhe, chagrinartige Rinde, zeigen unter der Loupe quarzähnliche Körnchen und geben am Stahle Funken.

Am 15. Juni 1821 sah man zu Juvenas in Languedoc eine Feuerkugel, die mit einem Geräusche explodirte, dass das unwissende Landvolk jener Gegenden meinte, es führen Teufel durch die Luft. Erst nach acht Tagen wagte man sich an das Ausgraben und fand einige Steine, worunter ein Hauptexemplar von 220 Pfund Gewicht. Die graue Grundmasse besteht aus einem weisslichen und einem schmutzig grünlichen Gemengtheile, beide in krystallinischen, eckigen Körnchen und Blättchen erscheinend. Die sehr dünne Rinde ist schwarz und glänzend. Der weissliche Gemengtheil ist nach Shepard und Rammelsberg Anorthit. Die Analyse desselben ergab nämlich:

Durch Säuren zersetzbarer Theil.		Sauerstoffgehalt.
Kieselsäure	44,38	23,06
Thonerde	33,73	16,73
Eisenoxyd	3,29	
Kalk	18,07	5,59
Magnesia	0,36	
Natron	1,03	
Kali	0,33	
Phosphorsäure	0,54	
Schwefeleisen	0,71	

Durch Säuren nicht zersetzbarer Theil. Sauerstoffgehalt.

Kieselsäure	52,07	 27,27
Thonerde	0,24	
Eisenoxydul	30,81	 12,57
Kalk	5,68	
Magnesia	9,98	
Natron	0,41	
Chromeisen	2,13	
Titansäure	0,16	

Der Meteorit besteht demnach aus etwa 36 Proc. Anorthit, 60 Proc. Augit, 1,5 Proc. Chromeisen, 1/4 Proc. Magnetkies und wahrscheinlich noch kleinen Mengen Apatit und Titanit. Ein Nickelgehalt ist nicht vorhanden.

Am 13. September 1822 fiel bei Epinal unter heftigen Detonationen ein Meteorstein, der nach Vauquelin's Analyse Nickel und Chrom enthält.

Am 22. Mai 1827 fiel bei Sommer-County ein Meteorit, den v. Baumhauer mit der ihm eigenen Genauigkeit chemisch untersucht hat. Die Zusammensetzung ist hiernach:

11,49	Nickeleisen mit Kobalt und Zinn,
4,84	Schwefeleisen,
1,97	Chromeisen,
45,06	Olivin,
3,72	Labrador,
32, 9	Hornblende.

Ein am 4. Juni 1828 bei Richmond in Virginien gefallener Meteorit besteht nach Shepard aus Olivin, Nickeleisen, krystallisirtem Magnetkies und wahrscheinlich Labrador.

Am 25. November 1833 ereignete sich bei Blansko in Mähren ein Meteorsteinfall, der ziemlich reichlich gewesen zu sein scheint, wenngleich wegen der waldigen Beschaffenheit des Terrains trotz der Bemühungen Reichenbach's nur acht Steine aufgefunden worden sind. Berzelius hat eine ausgezeichnete Analyse dieses Meteoriten gegeben. Hiernach besteht derselbe aus:

Nickeleisen (mit Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor)	17,15 Proc.
Einem Silicat von Magnesia und Eisenoxydul (Sauerstoff der Säure zu dem der Base 1 : 1 [Olivin])	42,67 Proc.
Einem Silicat von Magnesia und Eisenoxydul, gemengt mit einem Silicat von Alkali, Kalk und Thonerde (Sauerstoff der Säure zu dem der Base 2 : 1)	39,43 Proc.
Chromeisen, verunreinigt mit Zinnstein	0,75 „

Am 12. Juli 1834 fiel zu Charavallas in Indien ein Meteorit, sieben

bis acht Pfund schwer, der 15,07 Proc. Nickeleisen und Spuren von Schwefel enthält, während die steinigen Theile aus Kieselsäure, Magnesia, Eisenoxydul, Thonerde und Kalk bestehen.

Am 13. November 1835 explodirte im Departement de l'Ain eine Feuerkugel, deren Bestandtheile mehrere der mit Stroh gedeckten Häuser entzündeten. Es sind nur zwei Meteorsteine gefunden worden, über die keine genauere Analyse bekannt wurde. Das specifische Gewicht dieses Meteoriten beträgt nur 1,35. (?)

Am 13. October 1838 ereignete sich bei Bokkeveld in der Capcolonie ein grossartiger Meteorsteinfall unter furchtbarem Donner. Harris hat diesen Meteoriten genau analysirt und folgende Zusammensetzung gefunden:

Kohlenstoff	1,67
Eisen	2,50
Nickel	1,30
Schwefel	3,38
Kieselsäure	30,80
Eisenoxydul	29,94
Magnesia	22,20
Calciumoxyd	1,70
Thonerde	2,05
Chromoxyd	0,76
Kali und Natron	1,23
Manganoxydul	0,97
Kupfer	0,03
Bituminöse Substanz	0,25

(Spuren von Kobalt und Phosphor.)

Was letztere anbelangt, so wird sie an siedenden Alkohol als weiche, gelbliche, harz- oder wachsähnliche Substanz abgegeben, welche beim Erhitzen in einer Röhre leicht schmilzt und dann unter Abscheidung von schwarzer Kohle und Entwicklung eines stark bituminösen Geruches zersetzt wird. Der Meteorit enthält selbst nach dem Trocknen bei 120 Grad 10,5 Proc. Wasser, welches bei 160 Grad zu entweichen beginnt und erst in der Glühhitze vollständig fortgeht. Wöhler hält es für wahrscheinlich, dass der Meteorit erst nach seinem Falle auf die Erde dieses Wasser aufnahm. Dasselbe gilt auch von dem in ihm enthaltenen Ammoniak.

Am 12. Juni 1840 fiel ein Meteorstein unter Detonationen bei Uden in Nordbrabant, den v. Baumhauer und Seelheim chemisch untersucht haben. Sein specifisches Gewicht ist 3,4025. Die Analyse ergab: A für den magnetischen Theil, B für 55,281 Procent durch Säuren zersetzbares, C für 40,898 durch Säuren unzersetzbares Silicat und D für andere beigemengte Stoffe:

A. Magnetkies und Nickeleisen 1,767

	SiO_3	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	KO	NaO	LiO
B.	20,713	—	18,360	0,430	15,490	—	0,288	—	—	—
C.	23,866	4,100	4,049	—	5,177	2,276	—	0,490	0,940	—

D. Chromeisenstein 0,760, Schwefeleisen 0,718.

Im zersetzbaren Silicat ist das Verhältniss des Sauerstoffs von SiO_3: RO = 1 : 1, entsprechend 3 RO, SiO_3 (Olivin), im unzersetzbaren = 2 : 1, entsprechend 3 RO, 2 SiO_3. Dieser Körper wird von den beiden Chemikern für Amphibol, der Thonerdegehalt in Verbindung mit den Alkalien für Albit gehalten.

Am 22. März 1841 fiel ein Meteorit bei Grüneberg in Schlesien; es wurden davon nur zwei Stücke, zusammen $2^2/_3$ Pfund schwer, aufgefunden. Nach Glocker enthält er Magnetkies und ziemlich viel feinvertheiltes metallisches Eisen.

Am 12. Juni 1841 fiel zu Chateau-Renard im Loiret-Departement eine 70 bis 80 Pfund schwere Meteormasse, von trachytähnlichem Aussehen. Die Zusammensetzung des unlöslichen Theiles der Grundmasse besteht nach Rammelsberg's, auf die Analyse von Dufresnoy gestützter Berechnung aus:

Albit	6,31
Hornblende	31,86
Nickeleisen	9,25
Schwefelkies	0,67
Olivin	51,62

Am 2. Juni 1843 ereignete sich bei Utrecht ein Meteorsteinfall, von welchem zwei Steine 14 und $5^1/_2$ Pfund schwer gefunden wurden. Nach v. Baumhauer's Analyse ist die Zusammensetzung folgende:

Nickeleisen	9,14
Schwefeleisen	5,097
Chromeisen	0,941
Olivin	48,013
Albit	11,427
Augit	25,382

Am 16. September 1843 fiel bei ganz klarem Himmel ohne voraufgegangene Bildung einer kleinen Wolke ein sechs Pfund schwerer Meteorit bei Kl. Wenden. Nach Rammelsberg's Analyse ist die Zusammensetzung:

Nickeleisen	22,904
Schwefeleisen	5,615
Chromeisen	1,040
Olivin	38,014
Labrador	12,732
Augit	19,704

Am 30. November 1850 fiel bei Shalka in Bangoorah (Ostindien) ein Meteorstein, der nach O. v. Hauer's Analyse bestand aus:

Kieselsäure	57,66
Eisenoxydul	20,65
Calciumoxyd	1,53
Magnesia	19,00
Thonerde: Spuren.	

Haidinger bezeichnet die, die Hauptmasse des Meteorsteins bildende Substanz als Piddingtonit.

Am 4. September 1852 fielen bei Mezö-Madaras in Siebenbürgen nach dem Vorausgehen einer hellen, detonirenden Feuerkugel eine Menge Steine über einen elliptischen Raum von 1½ Meilen Länge und ½ Meile Breite. Der Meteorit enthält 19,6 Proc. Eisen, 7,4 Nickel, 0,25 Graphit, Kobalt, Phosphor und Einfach-Schwefeleisen.

Der zu Borkut in Ungarn am 13. October 1852 stattgehabte Meteorsteinfall lieferte nach zweimaliger Detonation einen Stein von etwa zwölf Pfund Gewicht, der gleich nach dem Falle einen starken Schwefelgeruch verbreitete. Das Innere des Steins ist aschgrau und feinkörnig mit eingesprengten Körnchen von Olivin und Augit, er besteht aus 18,26 magnetischen und 81,74 nicht magnetischen Theilen.

Am 11. Mai 1855 fiel auf der Insel Oesel unter weithin schallendem Donner ein Meteorit, von dem nur einzelne Bruchstücke aufgefunden worden sind. Sie bestehen aus Olivin, Labrador, Hornblende, Nickel-, Schwefel-, Chrom- und Phosphoreisen.

Am 5. August 1855 fiel bei Petersburg (N. Am.) ein drei Pfund schwerer Stein, der nach L. Smith Olivin, Orthoklas, Nickeleisen und ein schwarzes glänzendes Mineral enthält. Die Gesammtzusammensetzung ist:

Kieselsäure	49,21
Thonerde	11,05
Eisenoxydul	20,41
Calciumoxyd	9,01
Magnesia	8,13
Manganoxydul	0,04
Eisen	0,50
Nickel	Spuren
Phosphor	„
Natriumoxyd	0,82

Am 28. Februar 1857 fiel bei dem Dorfe Pranallee unweit Madura auf der Südspitze Hindustans ein Meteorit, der nach einer Analyse von Cassels 17 Proc. Nickel und 3 Proc. Eisen enthält. Eine qualitative Analyse von A. S. Skott in Madras ergab als Bestandtheile: Eisenoxyd, Eisen, Thonerde, Kieselerde, Magnesia, Kalk, Schwefel, Nickel, Spuren von Kobalt und Chrom.

Am 24. März 1858 fiel nach vorausgegangener Explosion ein Stein nieder bei Petrowsk in der Nähe von Stawropol. Er ist 132^{mm} lang, 93^{mm} breit und 66^{mm} hoch; sein specifisches Gewicht schwankt zwischen 3,48 bis 3,71. Nach Abich's Untersuchungen besteht er aus:

Hyalosiderit	45,65
Chrysolit	23,04
Labrador	18,13
Schwefeleisen	2,95
Nickeleisen	10,25

Am 19. Mai 1858 fiel in der Gegend von Kakova bei Oravitza im Temeser Banate ein Meteorstein, der von Harris chemisch untersucht worden ist. Das mit dem Magnete Ausziehbare gab die unter A angeführte Zusammensetzung; für das in dem Steine enthaltene Meteoreisen fand sich die unter B angeführte Zusammensetzung:

	A	B
Eisen	69,81	82,95
Nickel	12,11	14,41
Kobalt	0,91	1,08
Phosphor	0,08	0,12
Kupfer	0,09	0,10
Chromeisenstein	0,65	0,76
Schwefel	Spuren	—
Anhängende Silicate	15,67	—

Am 15. April 1858 fiel bei Kaba südwestlich von Debreczin ein Meteorit von 7½ Pfund Gewicht und sphäroidaler Gestalt. Wöhler hat ihn analysirt und gefunden:

Kohlenstoff	0,58
Eisen	2,88
Nickel	1,37
Kupfer	0,01
Chromeisenstein	0,89
Magnetkies	3,55
Eisenoxydul	26,20
Magnesia	22,39
Thonerde	5,38
Calciumoxyd	0,66
Kalium	0,30
Manganoxydul	0,05
Kieselsäure	34,24

ausserdem Kobalt, Phosphor und eine unbekannte Materie in unbestimmbarer Menge. Bei dem Erhitzen des sorgfältig getrockneten, gepulverten Steines in reinem Sauerstoffgas bis zum Glühen, wo Kohlensäure und

schweflige Säure entstanden, zeigte sich auch etwas Wasser und ein weisser Rauch, der sich zu einem weissen, deutlich krystallinischen, in Alkohol löslichen, und bei dem Verdunsten dieser Lösung krystallinisch zurückbleibenden Sublimat verdichtete. Auch durch Ausziehen des Steins mit heissem Alkohol liess sich eine sehr kleine Menge einer farblosen weissen, nicht deutlich krystallinischen Substanz erhalten, die beim Erhitzen in einer Röhre schmolz und dann unter Verkohlung sich zersetzte, beim Erhitzen an der Luft sich in weissen Dämpfen verflüchtigte. Auch noch bei späteren Versuchen mit einer etwas grössern Menge des Meteorsteins konnte sich Wöhler mit Sicherheit überzeugen, dass dieser Meteorit ausser der freien Kohle eine kohlenstoffhaltige Substanz enthält, welche sich mittels siedenden Alkohols ausziehen lässt, leicht schmelzbar ist, mit sogenannten Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Aehnlichkeit zu haben scheint und unzweifelhaft organischen Ursprungs, vielleicht nur ein Rest ursprünglich in dem Meteorit enthaltener und im Moment der Feuererscheinung unter Abscheidung von Kohle zersetzter organischer Substanz ist.

In der Nacht vom 10. zum 11. October 1858 fiel bei Ohaba in Siebenbürgen ein Meteorit von 29 Pfund Gewicht, der aus Olivin, Augit, Feldspath, Eisen und Schwefeleisen besteht, und eine specifische Schwere von 3,11 besitzt. Buckeisen's Analyse ergab:

Eisen	21,4
Nickel	1,8
Schwefeleisen	13,14
Kieselsäure	36,6
Magnesia	23,45
Eisenoxydul	1,75
Manganoxydul	0,15
Thonerde	0,28
Kalium und Natrium	0,98
Calcium und Phosphor	Spuren
Chromoxyd	0,56

Am 9. December 1858 fielen aus einem explodirenden Feuermeteor im Canton Montréjau im Departement der obern Garonne zwei Steine, der eine 80 bis 90 Pfund, der andere 20 Pfund schwer. Nach Petit besassen sie eine zwei Linien dicke schwarze Rinde. Diese Meteorsteine sind der Gegenstand zahlreicher chemischer Untersuchungen geworden. Damour glaubt nach seinen Untersuchungen schliessen zu dürfen, dass der Aërolith bestehe aus:

Metallischem und Phosphormetallen	11,60
Magnetkies	3,74
Chromeisenstein	1,83
Olivin	44,83
Augit und Albit	38,00

Harris fand in den gepulverten Meteoriten 8,41 Proc. durch den Magnet Ausziehbares und hierfür folgende procentische Zusammensetzung:

Eisen	84,71
Nickel	12,11
Kobalt	0,72
Mangan	0,50
Schwefel	2,14
Phosphor	Spuren

Er bestimmte die Zusammensetzung des nicht magnetischen Antheils wie folgt:

Kieselsäure	42,00
Magnesia	27,39
Eisenoxydul	19,65
Thonerde	2,46
Manganoxydul	0,33
Chromoxyd	0,83
Kalium	0,20
Natrium	1,23
Eisen	2,74
Schwefel	2,09
Kupfer und Zinn	0,26
Nickel	Spuren

Durch Salzsäure wurde dieser Antheil zerlegt in 41,30 Proc. unzersetzbare Silicate (nach Harris' Berechnung bestehend aus 20,12 Proc. Labrador und 77,33 Proc. Augit), 52,74 Proc. zersetzbare Silicate (Eisenoxydul-Magnesia-Olivin), 1,13 Proc. Chromeisenstein und 4,83 Proc. Magnetkies.

Den Stein im Ganzen betrachtet Harris als zusammengesetzt aus:

Nickel und kobalthaltigem Eisen	8,00
Magnetkies	4,83
Chromeisenstein	1,03
Olivin	48,31
Labrador	7,79
Augit	30,04

Am 28. März 1859 explodirte ein Aërolith über Harrison-County im Staate Indiana; man fand vier Fragmente desselben, zwischen 167 Grains und 17 Unzen wiegend. Sie besitzen sämmtlich eine schwarze, glasige Oberfläche und bestehen aus einer im Innern grauen Masse von 3,465 specifischem Gewicht. Aus einem gepulverten Fragmente liessen sich durch den Magnet 4,91 Procent ausziehen; sie ergaben die Zusammensetzung (nach J. L. Smith):

Eisen	86,781
Nickel	13,241
Kobalt	0,342
Kupfer	0,036
Phosphor	0,026
Schwefel	0,022

Die von den magnetischen Theilen befreite erdige Masse war zusammengesetzt aus:

Kieselsäure	47,06
Eisenoxydul	26,05
Magnesia	27,61
Thonerde	2,35
Calciumoxyd	0,81
Natriumoxyd	0,42
Kaliumoxyd	0,68
Manganoxyd	Spuren

Der erdige Antheil zeigte sich bei der Behandlung mit Salzsäure bestehend aus 62,49 Proc. Zersetzbarem und 37,51 Proc. nicht Zersetzbarem. Smith hält den Meteoriten im Ganzen zusammengesetzt aus:

Nickelhaltigem Eisen .	4,989
Schreibersit	0,009
Magnetkies	0,001
Olivin	61,000
Augit und Albit . . .	34,000

Am 3. Februar 1860, wenige Minuten vor Mittag, fand in der Nähe von Giuliano vecchio bei Alessandria ein Meteorsteinfall statt, dem eine weithin schallende Detonation voraufging. Der Himmel war bewölkt; man sah zwei Steine aus der Luft fallen, fand aber später noch mehrere. Nach der Analyse von Professor Missaghi ist die Zusammensetzung des Meteoriten:

Kieselerde	37,403
Eisen	19,370
Eisenoxyd	12,831
Magnesia	11,176
Thonerde	8,650
Schwefel	3,831
Kalkerde	3,144
Nickel	1,077
Chrom	0,845
Mangan, Kobalt	Spuren

Am 1. Mai 1860 hörte man im südöstlichen Theile von Ohio und dem nordwestlichen von Virginien bald nach Mittag, bei bewölktem Himmel

ein heftiges Geräusch. Bei New-Concord vernahm man 32 in Intervallen von einzelnen Secunden sich aufeinander folgende Detonationen, denen ein zwei Minuten andauerndes kleingewehrfeuer-ähnliches Geräusch folgte. Gleichzeitig fielen bei diesem Orte eine Menge von Steinen aus der Luft herab, die eine halbe Stunde nach dem Falle bereits nicht erheblich warm mehr waren. Man sammelte 30 Steine im Gesammtgewichte von etwa 700 Pfund, der grösste wog 103 Pfund. Die Steine besitzen nach Andrews eine schwarze Rinde; die innere Masse ist bläulichgrau und feldspathartig mit glänzenden Punkten von nickelhaltigem Eisen. Nach Johnson ist die schwarze Rinde ein dünner, wie durch Schmelzung entstandener Ueberzug, und in der bläulichweissen innern Masse erkennt man mit Hülfe der Loupe ein schneeweisses und ein anderes weisses sowie ein gelbbraunes Mineral, metallische Körner und schwarze Theilchen. Johnson fand das specifische Gewicht eines Fragmentes = 3,5417 und dessen Zusammensetzung:

Kieselsäure	51,250
Eisenoxydul	25,204
Magnesia	8,873
Thonerde	5,325
Calciumoxyd	0,785
Eisen	8,803
Nickel	2,360
Schwefel	1,184
Chrom	Spuren
Phosphor	„
Wasser	0,035

Im October 1860 fiel bei Lagrange, Oldham County (N. A.), eine Eisenmasse von 112 Pfund. Das specifische Gewicht derselben beträgt 7,85. Chemische Untersuchungen sind nicht bekannt geworden.

Am 2. Juni 1863 fiel auf dem Gute Gross-Buschhof bei Jacobstadt in Kurland unter gewaltigen Detonationen in der Nähe eines Hüterjungen, der erschreckt davon lief, ein Meteorstein nieder, und drang 1,5 Fuss tief in den Boden. Angestellte Nachgrabungen lieferten den Stein zu Tage, der anfangs wohl 13 Pfund schwer gewesen sein mag, von dem aber gegenwärtig nur ein Fragment von 10 Pfund Gewicht vorhanden ist. Ein Beobachter, der sich nordwestlich eine Meile von dem Orte des Niederfalles befand, will 40° über Südost ein leichtes Gewölk gesehen haben, von dem die Explosion ausgegangen sei. Nach der Untersuchung enthält der Stein in 100 Theilen:

einf. Schwefeleisen	5,082
Magnetkeis	0,850
Nickeleisen	5,694
Chromeisen	0,330
Silicate	87,898
Graphit, Zinnsäure	0,146

Die Silicate bestehen zu 48,4 Proc. aus Olivin, 32,3 Shepardit, 7,1 aus einem Gemenge von Anorthit und Labrador. Nach einem Berichte von G. Schweder in Riga soll nur das Südende der Magnetnadel angezogen werden, während das Nordende kaum bewegt oder abgestossen wird.

Am 8. August 1863 fielen im Kirchspiele Phillistfer in Livland an verschiedenen Orten eine Anzahl von Meteorsteinen, von denen ein bei Aukoma gefundenes Fragment folgende Zusammensetzung hat. Die Silicate bestehen zu 56,2 Proc. aus einem dem Augit oder Eustatit verwandten, in Säuren unlöslichen Magnesiasilicat; zu 5 Proc. aus einem dem Olivin entsprechenden Silicat von Magnesia und Eisenoxydul und zu etwa 8 Proc. aus einem Gemenge von Anorthit und Labrador. Die Gesammtmenge der Silicate beträgt 68,122, das specifische Gewicht 3,647.

Am 7. December 1863, gegen $11^1/_2$ Uhr Morgens, fiel zu Tourinnes-la-Grosse bei Tirlemont in Belgien unter Detonationen ein Meteorit auf das Strassenpflaster und zerschellte in mehrere Trümmer. Pisani hat die Zusammensetzung desselben chemisch untersucht; sie beträgt im Ganzen:

Eisen	8,67
Schwefelkies	6,06
Chromeisenstein	0,71
Silicate	84,28

Spuren von Nickel, Zinn und Phosphor.

Der Sauerstoff der Säuren uud Basen verhält sich im zersetzbaren Theile der Silicate wie im Peridot, im unzersetzbaren Theile wie im Augit.

Am 14. Mai 1864 sah man an vielen Orten des südwestlichen Frankreichs eine geschweifte Feuerkugel, fast von der Grösse des Vollmondes, die unter Donnergetöse zersprang. In der Nähe des Dorfes Orgueil, im Departement Tarn und Garonne, fand man etwa 20 Fragmente des Meteoriten von der Grösse eines Kopfes bis zu der einer Faust. Es lassen sich, nach Leverrier's Berichte, an der schwarzen Rinde solche unterscheiden, die vor der Explosion Individuen waren, und solche, welche Trümmer sind. Dieser Meteorit ist besonders merkwürdig dadurch, dass ein wesentlicher Bestandtheil desselben Kohle ist. Man kennt ausser ihm nur noch drei Meteorite (Alais 1806, Bokkeveld 1838, Kaba 1857), wo ähnliches statthat. Er unterscheidet sich aber von diesen durch seinen grossen Gehalt an Chlorverbindungen. Hätte die Hitze, welche die Schmelzung erzeugte, Zeit gehabt, ins Innere zu dringen, so hätten Salmiak und Wasser entweichen müssen. Nach Cloëz hat man als Zusammensetzung des ganzen Meteoriten:

Magneteisen	20,627
Magnetkies	7,974
Schwefelnickel	3,169
Silicate	45,127
Wasser	7,821
In Wasser lösbare Theile .	6,414

Nach dem genannten Chemiker enthält der bei 110° getrocknete Meteorit 7,41 Huminsubstanz, und Pisani fand, damit nahe übereinstimmend, für Wasser und organische Materie 13,89. Bei der Behandlung mit heisser Salzsäure, bleibt die Huminsubstanz, gemengt mit Kieselsäure, ungelöst, und kann von letzterer durch verdünnte Kalilauge befreit werden. Sie enthält nach Cloëz in 100 Theilen:

Kohlenstoff	63,45
Wasserstoff	5,98
Sauerstoff	30,57

Am 30. März 1866, gegen 3¾ Uhr Morgens, sah man zwischen Mesgrigny und Payns eine hellleuchtende, röthliche Masse, die sich mit ungemeiner Geschwindigkeit am Himmel fortbewegte; an einigen anderen Orten bot sie den Anblick einer geschweiften Feuerkugel von der Grösse des Vollmondes. Kurze Zeit darauf vernahm man drei in Pausen von 1 bis 2 Secunden aufeinander folgende Donnerschläge, denen ein Geräusch wie von Flintenschüssen folgte. Die Feuererscheinung und die Detonation wurden auf einer Linie von 11½ deutschen Meilen Länge wahrgenommen.

In St. Mesmin vernahm man darauf ein mächtiges Sausen, das ein Beobachter charakteristisch mit dem Geräusch einer auf den Boden fallenden Bombe verglich. Er suchte in der That nach einem herabgestürzten Körper und fand Abends einen Stein, 8½ Pfund schwer, der 8½ Zoll in den Boden eingedrungen war. Tags darauf entdeckte man noch einen zweiten von 4½ Pfund und am 1. Juni einen dritten von 2¾ Pfund. Dieser letztere besitzt keine zusammenhängende schwarze Kruste, sondern ist an einer Seite fast gänzlich ohne eine solche. Pisani's Analyse gibt folgende Zusammensetzung:

Silicium	38,10
Aluminium	3,00
Magnesium	25,64
Eisenoxyd	17,21
Manganoxyd	Spuren
Kalium und Natrium	3,13
Kalk	1,09
Eisen	4,94
Nickel	0,72
Schwefeleisen	2,99
Chromeisen	2,18

Am 9. Juni 1867 erblickte man in vielen Ortschaften Algiers zwischen 10 und 11 Uhr Abends am Himmel ein plötzliches Licht, dem eine starke Detonation folgte. Zu Tadjera, nahe bei Guidjell, wuchs das Licht so sehr an, dass die ganze Gegend taghell erleuchtet wurde. Man sah einen leuchtenden Körper vom Himmel herabfallen, ehe er jedoch die Erde berührte, zerstob er in helle Fragmente. In diesem Augenblicke

vernahm man auch die Detonation. Ein Fragment des Aërolithen hat beim Anprallen gegen die Erde eine etwa 1000 Meter lange Furche im Boden erzeugt, etwas, was bei solchen Gelegenheiten bis dahin noch niemals beobachtet worden war. Das grösste Stück des Meteoriten wiegt 5,76 Kilogramm, seine Bruchfläche zeigt eine gleichmässig schwarze Farbe, hier und da von metallisch glänzenden Körnern aus Schwefeleisen und Nickeleisen unterbrochen. Das Meteor zeichnet sich ferner durch das Fehlen der gewöhnlichen schwarzen Rinde aus, welches wahrscheinlich durch den sehr geringen Grad der Schmelzbarkeit dieses Aërolithen bedingt wurde. „Es ist daher," bemerkt Daubrée, „möglich, die obere Temperaturgrenze zu bestimmen, bei welcher die Krustenbildung der Meteore erfolgt. Eine Untersuchung des Schmelzpunktes ergab, dass das Meteor von Tadjera einer Temperatur widersteht, bei der Feldspath und Augit schmelzen, dass es aber bei der Temperatur des schmelzenden Eisens leicht schmilzt."

Am 30. Januar 1868 gegen 7 Uhr Abends wurde in Ostpreussen und Polen eine Feuerkugel gesehen, die bei ihrer mit Donnergetöse erfolgenden Explosion in der Nähe von Pultusk einen Regen von Meteorsteinen niedersandte, der zu den bedeutendsten Phänomenen dieser Art gehört. Die Feuerkugel wurde gleichzeitig gesehen: in Tilsit, am Harze, in Mähren und im Innern Russlands. Die aufgefundenen Steine sind mit einer matten, ziemlich dicken schwarzen Rinde überzogen, in welcher reichlich feine glänzende Eisenkörnchen eingebettet sind. Auch die ihrer Hauptsache nach hellgraue Grundmasse ist sehr reich an fein vertheiltem Eisen und wird das specifische Gewicht dadurch beträchtlich. Gelbes Schwefeleisen ist ebenfalls reichlich, aber weit feiner darin vertheilt.

Am 29. Februar 1868 hörte man gegen 11 Uhr Morgens bei Casala und Alexandria in Norditalien eine heftige Detonation, nachdem man vorher einen von einer Wolke umgebenen Körper sehr schnell durch die Lüfte ziehen sah. Es wurden drei Fragmente eines Aërolithen, zusammen im Gewichte von 9 Kilogramm, aufgefunden. Sie sind mit einer schwarzen Rinde überzogen, sehr magnetisch, von weisslicher Farbe, körnigem Bruche und hohem specifischen Gewichte. Ihr Anblick gleicht fast demjenigen eines feinkörnigen Granits.

Am 22. Mai 1868 $10^1/_2$ Uhr fielen zu Slavetiz bei Agram in Croatien verschiedene Meteorsteine herab. Es wurde indess nur einer davon aufgefunden, dessen specifisches Gewicht 3,754 beträgt und der nach Haidinger bei gleicher Beschaffenheit wie die Aërolithen von Pultusk eine ausgezeichnete meteoritische Tuffstructur besitzt.

Am 7. September 1868 Morgens $2^1/_2$ Uhr erschien zu Sanguis-Etienne (im Departement Basses Pyrénées) eine geschweifte Feuerkugel von blassgrüner Farbe, die unter Donnergetöse explodirte und einen Meteorstein herniedersandte. Derselbe ist von weisser Farbe, mit matter schwarzer Rinde von fast 1 Millimeter Dicke und von feinen Adern durchzogen. Sein specifisches Gewicht beträgt nach S. Meunier 3,369. Der Magnet

zieht aus der gepulverten Masse nur etwa 8 Proc. einer Verbindung von 7,5 Eisen und 0,5 Nickel an. Der Antheil von löslichen Silicaten beträgt 65,909, von unlöslichen 23,571, von Schwefel 3,044 Proc. Der Stein sieht demjenigen von Casala täuschend ähnlich, so dass selbst ein geübtes Auge beide Meteorite nicht von einander zu unterscheiden vermag.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Analysen der aus irgend einem Grunde bemerkenswertheren Meteoritenfälle zeigen neben dem sehr selten fehlenden Nickelgehalte ein beträchtliches Vorherrschen oder Zurücktreten des Eisens, dessen grösserer oder geringerer Gehalt den Aërolithen als Meteoreisen oder Steinmeteoriten charakterisirt. Die nachfolgende Zusammenstellung sämmtlicher bis jetzt mit Sicherheit constatirter Meteoritenfälle weist nur acht Beispiele von Eisenmeteoriten auf. Dagegen gibt es eine bedeutende Anzahl von Eisenmassen, deren ganzer äusserer Habitus und deren chemische Constitution auf meteorischen Ursprung hindeuten, während das eigentliche Herabfallen derselben nicht beobachtet oder doch wenigstens bekannt geworden ist. Es ist hier nicht der Ort, ein Verzeichniss dieser bis jetzt entdeckten Massen zu geben, wohl aber die Frage zu discutiren: Gibt es untrügliche Kennzeichen für die meteorische Natur jener Gebilde, oder kann solche nur mit grösserer oder geringerer Sicherheit vermuthet werden? Streng genommen muss eigentlich der letztere Theil dieser Frage bejaht werden. Obgleich tellurisches gediegenes Eisen sich nur als grosse Seltenheit an einzelnen Orten (Minas Geraës, Clermont-Ferrand, Guilford) findet, so können doch manche der aufgefundenen Massen Kunstproducte sein, wie z. B. die Masse von Wolfsmühle bei Thorn, die Karsten für meteorischen Ursprungs erklärte, nach Rose's Untersuchungen nur Kunstproduct ist. Ein sichereres Kriterium würde der Nickelgehalt bilden, allein es zeigen doch auch einzelne wenige Meteormassen keine nachweisbare Legirung von Nickel und Eisen.

Beiläufig muss hier noch der 1814 bei Lenarto in Ungarn aufgefundenen meteorischen Eisenmasse gedacht werden, die durch die neuesten Untersuchungen von Graham eine so grosse Berühmtheit erlangt hat. Dieser Gelehrte fand, dass ein Fragment jener Eisenmasse sein dreifaches Volum Gas eingeschlossen hielt, das aus 86 Proc. Wasserstoff und $4\frac{1}{2}$ Proc. Kohlenoxydgas bestand. Auch auf künstlichem Wege gelang es Graham, gewöhnlichem Eisen sein dreifaches Volum Gas beizubringen, aber niemals konnte dessen Wasserstoffgehalt über 35 Proc. erhöht werden. Es berechtigt alles zu der Vermuthung, dass das Meteoreisen von Lenarto seinen Wasserstoffgehalt in einem Theile des Weltraumes erhalten haben muss, der den Wasserstoff unter einem bedeutendern Drucke, als derjenige unserer Atmosphäre ist, enthält.

Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmanstätten, dass abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigen-

thümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen, und die Entdeckung dieser „Widmanstätt'schen Figuren“ schien für den ersten Augenblick ein untrügliches Kennzeichen meteorischer Massen abgeben zu können. Die Beweiskraft ist indess nur eine positive, keine negative, indem in den Fällen, wo die bezeichneten Figuren sichtbar werden, die behandelte Masse zwar unzweifelhaft meteorischen Ursprungs ist, während indess ein Nichthervortreten derselben keinen Schluss auf tellurischen Ursprung gestattet, indem selbst bei nachweislichen Meteoriten in einzelnen Fällen keine Figuren hervortreten.

Nach Gustav Rose sind bis jetzt folgende Mineralien in den Meteoriten aufgefunden worden:

1) Meteoreisen, gediegenes Eisen, das etwas nickelhaltig, hexaëdrisch, stahlgrau, metallglänzend, spaltbar ist.
2) Tänit, ein etwas nickelhaltigeres Eisen als das vorhergenannte.
3) Schreibersit, eine eigenthümliche, schon von Berzelius bemerkte Verbindung von Phosphor, Nickel und Eisen.
4) Rhabdit, ein Phosphornickeleisen ähnlich wie Nro. 3.
5) Graphit.
6) Trollit oder Einfachschwefeleisen, wie die Analyse zeigte.
7) Magnetkies.
8) Chromeisenerz.
9) Quarz.
10) Olivin, derb und krystallisirt.
11) Shepardit.
12) Augit
13) Anorthit.

Rose hat ferner 1863 eine Eintheilung der Meteorite versucht, die aber noch Vieles zu wünschen übrig lässt. Nach diesem Chemiker zerfallen die Aërolithe in:

I. Eisenmeteorite. a) Meteoreisen (Nickeleisen) b) Pallasit, d. h. Meteoreisen, worin Olivinkrystalle porphyrartig eingewachsen sind. c) Mesosiderit, ein körniges Gemenge von Meteoreisen und Magnetkies mit Olivin und Augit. Es steht, wie schon der Name andeutet, in der Mitte zwischen den Eisen- und Steinmeteoriten.

II. Steinmeteorite. 1) Chondrit, durch kleine, aus einem Magnesiasilicat bestehende Kugeln ausgezeichnet, die einem feinkörnigem Gemenge von Olivin und Chromkies eingewachsen sind. 2) Howardit, ein feinkörniges Gemenge von Olivin und einem weissen Silicate mit einer geringen Menge von Chrom- und Nickeleisen. 3) Chassignit, kleinkörniger, eisenreicher Olivin mit einigen Chromeisenerzkörnern. 4) Chladnit, ein Gemenge von Shepardit mit einem thonerdehaltigen Silicate nebst geringen Mengen von Nickeleisen und Magnetkies. 5) Shalkit, ein körniges Gemenge von meist Olivin mit Shepardit und Chromeisenerz. 6) Die kohlehaltenden Meteorite. 7) Eukrit, ein körniges Gemenge von

Augit und Anorthit, mit etwas Magnetkies, Nickeleisen und gelegentlich auch Olivin.

Der Vergleich der Meteorite mit den alten tellurischen Gebilden zeigt jene von diesen ganz verschieden, bis auf den Eukrit, aber die tellurischen Eukrite sind grobkörniger als die meteorischen. Während erstere zu der Grünsteingruppe gehören, kommen diese mit der Basaltgruppe überein, mit deren Gesteinen sich überhaupt nur die Meteorite vergleichen lassen. Sie kommen mit diesen überein in der meist körnigen Structur, dem gänzlichen Mangel freier und der verhältnissmässig geringen Menge gebundener Kieselsäure, sowie der Häufigkeit des Olivins. Dagegen unterscheiden sie sich wesentlich durch das metallische nickelhaltige Eisen, die geringen Mengen von Silicaten mit Thonerde und Alkali und durch die Abwesenheit des in den neueren vulcanischen Gebirgsarten so verbreiteten Magneteisenerzes.

Daubrée geht bei seiner Eintheilung von der Ansicht aus, dass das metallische Eisen, welches fast allen Meteoriten zukommt, die natürlichste Grundlage für die Classification abgebe. Er nennt daher Sideriten alle Meteorite, welche metallisches Eisen enthalten, Asideriten aber diejenigen, bei welchen dasselbe fehlt. Die Sideriten zerfallen in: a) Holosideren, ohne dem blossen Auge wahrnehmbare erdigen Bestandtheile; b) Syssideren mit schwammiger Textur des Eisens; c) Sporadosideren, bei denen das Eisen in Gestalt von grösseren oder kleineren Körnchen durch die ganze Gesteinsmasse vertheilt ist. Diese Abtheilung, welche die grösste Anzahl der bekannten Meteorite umfasst, hat Daubrée zur Erleichterung der Uebersicht in drei weitere Classen getrennt, in Polysideren, Oligosideren und Kryptosideren, je nachdem das Eisen vorherrscht, oder in geringer Menge oder endlich in unentschiedenem Verhältnisse vorhanden ist. Die Abtheilung der Asideren entspricht den Asideriten, welche durchaus kein metallisches Eisen enthalten. Folgendes ist eine übersichtliche Zusammenstellung der Daubrée'schen Eintheilung:

1. Sideriten.

a) Holosideren	(Dichte 7,0 bis 8,0)		
b) Syssideren	(„ 7,5 „ 8,5)	Polysideren	(Dichte 6,5 bis 7,0)
c) Sporadosideren	(„ 3,0 „ 7,0)	Oligosideren	(„ 3,1 „ 3,8)
		Kryptosideren	(„ 3,0 „ 3,5)

2. Asideriten.

d) Asideren (Dichte 1,9 bis 3,0)

Die Daubrée'sche Eintheilung empfiehlt sich gegenüber den früheren Versuchen durch Einfachheit und Klarheit. Während letztere zu sehr in Specialitäten eingehen und dadurch eine Menge Unterabtheilungen von nichts weniger als scharfen Abgrenzungen entstehen, hält das System des berühmten französischen Forschers streng Maass und sucht nichts in die Natur hineinzutragen, was ihr durchaus fremd ist.

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit.

(Zum Theil nach G. von Boguslawski.)

Januar		
26.	1496	Cesena (Italien)
9.	1583	Abruzzen (Italien)
10.	1622	Devonshire (England)
31.	1686	Raudten (Schlesien)
2.	1690	Jena
13.	1697	Siena (Italien)
?	1776	Italien
4.	1796	Belaja Zerkwa (Russland)
21.	1803	Schlesien. (Sternschnuppenmaterie?)
7.	1810	Caswell (Nord-Amerika)
13.	1824	Arenazzo (Italien)
16.	1825	Hindostan
18.	1835	Löbau (Lausitz)
31.	1836	Mascombes (Frankreich)
15.	1837	Ungarn
2.	1838	
29.	1838	Kau (Kgrch Oude)
2.	1839	
16.	1846	Frankreich. (Dies Meteor soll eine Feuersbrunst erregt haben)
23.	1852	Nellore, Madras (Ostind.)
30.	1868	Pultusk (Russland)
1.	1869	Upsala (Schweden)
Februar		
18.	1647	Zwickau (Sachsen)
27.	1671	Ortenau (Schwaben)
6.	1678	Frankfurt a. M.
19.	1785	Eichstädt (Deutschland)
19.	1796	Portugal
3.	1814	Russland
18.	1815	Hindostan
18.	1824	Irkutsk (Sibirien)
10.	1825	Nanjemoy (Maryland)
27.	1827	Hindostan
Februar		
15.	1830	Bicester
13.	1839	Little-Piney (Missouri)
25.	1841	Chanteloup (Frankreich). (Soll Feuersbrunst erregt haben)
25.	1847	Linn (Jowa)
15.	1848	Hindostan
23.	1852	„
10.	1853	Girgenti (Sicilien)
28.	1857	Pranallee (Hindostan)
2.	1860	Alessandria (Piemont)
14.	1861	Tocané St. Apré (Frankr.)
29.	1868	Villeneuve (Nord-Italien)
März		
28.	?	Italien
8.	1138	Mosul (Arabien)
22.	1491	Crema (Italien)
2.	1583	Piemont
1.	1596	Ferrara
6.	1636	Sagan (Schlesien)
30.	1654	Fünen
24.	1718	Insel Lethy
12.	1731	England
8.	1796	Oberlausitz
12.	1798	Sales (Frankreich)
25.	1805	Doroninsk (Sibirien)
15.	1806	Alais (Frankreich)
13.	1807	Timochin (Russland)
12.	1811	Pultawa (Russland)
8.	1813	Brünn
14.	1813	Calabrien
5.	1821	Pommern
15.	1826	Lugano (Italien)
22.	1841	Grünberg (Schlesien)
?	1843	Bishopville (S. Carolina)

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit.
(Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Fortsetzung.

Tag	Jahr	Ort
März		
22.	1846	Frankreich. (Soll Feuersbrunst erregt haben)
6.	1853	Segowlee (Ostindien)
6.	1853	Duruma (Ostafrika)
24.	1857	Stawropol (Russland)
26.	1859	Harrison county (Nord-Amerika)
28.	1860	Kherapur (Ostindien)
April		
28.	1540	Frankreich
17.	1621	Hindostan
9.	1628	England
11.	1715	Pommern
11.	1780	Breston (England)
13.	1795	Ceylon
26.	1803	L'Aigle (Frankreich)
5.	1804	Schottland
19.	1808	Parma
10.	1812	Toulouse
13.	1812	Erxleben (Deutschland)
11.	1818	Volhynien
26.	1842	Milena (Croatien)
9.	1844	Killeter (Irland)
17.	1851	Gütersloh (Westfalen)
1.	1857	Heredia (Costarica)
15.	1857	Kaba (Ungarn)
Mai		
*	1164	Sachsen. Eisenmasse
26.	1379	Hannover
?	1520	Aragonien
19.	1552	Schleusingen (Deutschl.)
17.	1561	Torgau
27.	1580	Göttingen
28.	1677	Sachsen
18.	1680	London
19.	1698	Bern
Mai		
21.	1737	Adriatisches Meer
26. *	1751	Agram. Eisenmasse
17.	1791	Toscana
17.	1806	England
22.	1808	Stannern (Mähren)
22.	1820	Ungarn
14.	1824	Irkutsk (Sibirien)
12. *	1825	England. Eisenmasse
19.	1826	Sibirien
9.	1827	Nashville (Tennesse)
?	1828	Russland
8.	1829	Forsyth (Georgia)
5.	1837	Massachusetts
8.	1846	Macerata (Italien)
20.	1848	Cestine (Maine)
13.	1855	Bremervörde (Hannover)
13.	1855	Insel Oesel (Russland)
19.	1858	Kakowa (Ungarn)
1.	1860	New Concord (Ohio)
12.	1861	Gorukpore (Oberbengal.)
14.	1861	Canellas (Spanien)
14.	1864	Orgueil (Frankreich)
30.	1866	Frankreich
22.	1868	Slavetiz (Croatien)
5.	1869	Krähenberg (Rheinpfalz)
Juni		
29.	1528	Augsburg
19.	1668	Verona (Italien)
7.	1706	Larissa (Griechenland)
5.	1722	Freisingen (Deutschland)
22.	1723	Pleskowitz (Böhmen)
13.	1759	Frankreich. (Soll Feuersbrunst erregt haben?)
16.	1794	Siena
?	1805	Konstantinopel

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit.
(Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Fortsetzung.

Juni		
17.	1809	Meer: 75° 25′ westl. Länge und 30° 58′ nördl. Breite
?	1809	Oberpfalz
?	1818	Seres (Macedonien)
13.	1819	Jonzac (Frankreich)
30.	1820	Lixna (Litthauen)
15.	1825	Juvenas (Frankreich)
3.	1822	Angers (Frankreich)
13.	1822	Christiania (bituminöse Masse)
17.	1822	Catania (Sicilien. Soll Feuersbrunst erregt haben?)
4.	1828	Richmond (Virginien)
12.	1834	Hindostan
12.	1840	Uden (Belgien)
12.	1841	Chateau-Renard (Frankr.)
4.	1842	Aumière (Frankreich)
2.	1843	Blaauw-Kapel (Holland)
7.	1846	Darmstadt (Deutschland)
7.	1855	Denis-Westrem (Belgien)
9.	1860	Raghoe (Irland)
16.	1860	Kusiali (Ostindien)
16.	1861	Grosnja (Kaukasus)
2.	1862	Buschhof (Russland)
9.	1866	Kniahynia (Ungarn)
18.	1866	St. Mesmin (Frankreich)
9.	1867	Tadjera (Algier)
Juli		
?	852	Arabien
8.	1186	Mons (Belgien)
?	1198	Frankreich
26.	1249	Quedlinburg
26.	1581	Thüringen
7.	1635	Italien
3.	1753	Tabor (Böhmen)
Juli		
?	1755	Italien
?	1766	Italien
?	1782	Piemont
24.	1790	Barbaton (Frankreich)
4.	1803	East Norton (England)
?	1810	Hindostan
8.	1811	Burgos (Spanien)
19.	1820	Kurland
19.	1822	Hamburg (Feuersbrunst?)
18.	1831	Vouillé (Frankreich)
16.	1833	Sibirien
13. *	1835	Tennessee (Eisenmasse)
24.	1837	Ungarn
17.	1840	Italien
17.	1841	Italien
26.	1843	Hindostan
?	1846	Richland (St. Carolina)
14. *	1847	Braunau (Böhmen). Eisenmasse
8.	1852	?
2.	1854	Strehla
29.	1854	Gera
31.	1859	Montpreis (Steyermark)
14.	1860	Dhurmsala (Hindostan)
August		
?	1021	Afrika
?	1618	Steyermark
4.	1642	Suffolk (England)
?	1647	Westfalen
6.	1650	Holland
13.	1785	Frankfurt a. M. (Feuersbrunst?)
27.	1792	Peru (Meteorstaub)
?	1810	Tipperary (Irland)
5.	1812	Chantonnay (Frankreich)

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit.
(Zum Theil nach G. von **Boguslawski**.) Fortsetzung.

Tag	Jahr	Ort
August		
10.	1818	Smolensk (Russland)
13.	1819	Massachusetts (Sternschnuppenmaterie ?)
6.	1820	Ovelgönne (Finnland)
7.	1822	Persien
7.	1823	Noblebarough (Maine)
23.	1824	Buenos Ayres (Meteorstaub ?)
?	1826	Frankreich
?	1827	China
?	1828	Allport (England)
14.	1829	New Jersey (N.-Amerika)
?	1837	Frankreich
10.	1841	Iwan (Russland)
5.	1842	England
6.	1843	Rheine (Westfalen)
10. *	1846	Down (Irland). Eisenmasse
5.	1855	Petersburg (Tennessee)
8.	1862	Pilistfer (Russland)
8.	1863	Unakfer
10.	1864	Cykladen
25.	1865	Algier
Septmb.		
4.	1511	Crema (Italien)
?	1753	Liponas (Frankreich)
13.	1768	Luce (Frankreich)
19.	1775	Koburg (Deutschland)
?	1802	Schottland
3.	1808	Lissa (Böhmen)
10.	1813	Irland
5.	1814	Agen (Frankreich)
10.	1822	Karlstadt (Schweden)
13.	1822	Epinal (Frankreich)
27.	1825	Sandwich-Inseln
?	1826	Waterville (Maine)
Septmb.		
9.	1829	Krasno-Ugal (Russland)
9.	1831	Wessely (Mähren)
6.	1835	Gotha (Sternschnuppenmaterie ?)
18.	1836	Italien
16.	1843	Kl. Wenden (Deutschland)
4.	1852	Mezö - Madaras (Siebenbürgen)
4.	1854	Fehrbellin
7.	1868	Sauguis (Süd-Frankreich)
October		
1.	1301	Deutschland
27.	1634	Charlerois (Frankreich)
6.	1674	Glarus (Schweiz)
18.	1738	Avignon (Frankreich)
11.	1750	Coutances (Frankreich)
25.	1770	Hasargrad (Türkei)
1.	1787	Charkow (Russland)
20.	1791	England
8.	1803	Apt (Frankreich)
3.	1815	Chassigny (Frankreich)
31.	1818	Bukarest
13.	1819	Köstritz (Deutschland)
14.	1824	Beraun (Böhmen)
20.	1824	Sterlitamansk (Russland)
8.	1827	Bialystok (Russland)
13.	1838	Cold Bockefeld (S.-Afrika)
21.	1844	Layssac (Frankreich)
?	1846	New Concord (Nord-Amerika)
31.	1849	Charlottetown (N.-Am.)
13.	1852	Borkut, Marmaros (Ung.)
10.	1857	Ohaba (Siebenbürgen)
? *	1860	Oldham county. Eisenmasse
7.	1861	Menow (Meklenburg-Str.)

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit. (Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Schluss.

Tag	Jahr	Ort
Novemb.		
7.	1492	Ensisheim (Elsass)
25.	1557	Italien
29.	1637	Provence
11.	1761	Chamblons (Frankreich. Feuersbrunst?)
20.	1768	Maurkirchen (Bayern)
17.	1773	Sigena (Spanien)
?	1805	Ahio (Korsika)
23.	1810	Charsonsville (Frankr.)
28.	1810	Cerigo
5.	1814	Hindostan
30.	1822	Hindostan
19.	1829	Böhmen (Sternschnuppenmaterie ?)
12.	1833	Nord-Amerika (Sternschnuppenmaterie?)
25.	1833	Blansko (Mähren)
?	1833	Hindostan
13.	1835	Simonod (Frankreich)
11.	1836	Brasilien
22.	1836	Schlesien
?	1839	Mexiko
20.	1839	Neapel
5.	1841	Bourbon (Frankreich)
30.	1842	Hindostan
10. (12.)	1843	Auf der Donau
11.	1846	England oder Nord-Amerika (Feuerkugelmaterie?)
13.	1849	Tripolis (Afrika)
30.	1850	Schalka (Boncoora)
Novemb.		
5.	1851	Nulles (Spanien)
12.	1856	Trenzano (Lombardei)
Decemb.		
?	856	Aegypten
24.	1560	Frankreich (Feuersbr.?)
3.	1586	Verden
12.	1642	Ungarn
24.	1704	Barcelona (Spanien)
13.	1795	Yorkshire (England)
13.	1798	Bengalen
13.	1803	Mässing (Bayern)
14.	1807	Weston (Connecticut)
13.	1813	Lontalax (Finnland)
17.	1824	Neuhaus (Böhmen)
8.	1826	Zug (Schweiz)
19.	1832	England
15.	1834	Sibirien
5.*	1842	Epinal (Frankreich) Eisenmasse
25.	1846	Schöneberg (Bayern)
8.	1847	Arkansas (Nord-Amerika)
27.	1848	Schie (Norwegen)
27.	1857	Pegu (Asien)
9.	1858	Ausson (Frankreich)
1.	1863	Jagly (Trapezunt)
7.	1863	Tourinnes-la-Grosse (Belgien)
22.	1863	Manbhoom (Bengalen)
4.	1864	Tarnaki (Neuseeland)

Was die Vertheilung der Meteorsteinfälle in der täglichen Periode anbelangt, so ergibt sich aus Haidinger's Zusammenstellung der Localstunden von 178 Meteoritenfällen Folgendes, wenn die Stunden von Mittag zu Mittag gezählt werden:

Tagesstunde	Zahl der Meteoritenfälle	Tagesstunde	Zahl der Meteoritenfälle
0 — 1	9	12 — 13	1
1 — 2	11	13 — 14	3
2 — 3	11	14 — 15	2
3 — 4	19	15 — 16	2
4 — 5	18	16 — 17	4
5 — 6	9	17 — 18	5
6 — 7	6	18 — 19	4
7 — 8	10	19 — 20	13
8 — 9	5	20 — 21	5
9 — 10	1	21 — 22	7
10 — 11	0	22 — 23	5
11 — 12	5	23 — 24	23
von 0 — 12	104	von 12 — 24	74

Die Anzahl der Nachmittagsfälle ist fast um 40 Procent grösser als diejenige der Vormittagsfälle. Schon 1860 äusserte Haidinger: „Wenn es wahr ist, dass mehr aërolithische Fälle bei Tage vorkommen als bei Nacht, sollte es scheinen, dass die Erde mehr in der Lage ist, solchen Körpern in ihren Bahnen zu begegnen, wenn sie sich von der Sonne entfernen, indem diejenige Seite, welche der Sonne entgegengesetzt ist, natürlich die wahrscheinlichste ist, die mit denselben in Berührung kommen kann.“

Wenn auch die Meteoritenfälle von Umständen begleitet sind, welche bei Tage wie bei Nacht die höchste Aufmerksamkeit erregen müssen, so sind leider! die Angaben über die genaue Zeit des Niederfalles meist so widersprechend, dass Zusammenstellungen wie die obige von Haidinger immer sehr unsichere Elemente umschliessen. —

Seit den frühesten Wahrnehmungen der donnernd und feurig herniederstürzenden Aërolithen hat sich der grübelnde Verstand bemüht, die wahre Natur und Ursache dieser befremdenden Erscheinung zu ergründen. Es bietet die Geschichte der Wissenschaft wenig Beispiele, dass, wie bei den Feuermeteoren, die ältesten Ansichten die richtigeren waren und dass man erst nach Jahrtausenden wieder darauf zurückkam.

Diogenes von Apollonia lehrte, dass sich zugleich mit den sichtbaren Sternen auch unsichtbare durch den Raum bewegen, welche unter gewissen Umständen auf die Erde herabstürzen. Eine andere damals verbreitete Meinung war, die Meteorsteine kämen aus der Sonne, während Aristoteles sie einfach als Steine betrachtet wissen wollte, die

zufällig von heftigen Winden in die Höhe gewirbelt worden seien. Dagegen sagt im Mittelalter Paracelsus: „Worauss fallen die Stein? vom Himmel, nicht dass sie hinaufkommen oder aufgehoben werden von der Erde in die Luft. Fallt herab Stein, Eisen u. s. w., so ist aus der Sonne oder desselbigen Planeten, derselbe gebierts in ihm und in ihm liegt das, als die Eigenschaft solcher Dingen aufweiset.“ Die Idee, dass die Aërolithen Mondsteine sein könnten, scheint zuerst, wie Chladni aufgefunden hat, von dem Italiener Paolo Maria Terzago 1660 gelegentlich des Steinfalles bei Mailand ausgesprochen worden zu sein. Humboldt bemerkt, dass, nach der Versicherung von Andreo de Nerciat, man gegenwärtig noch in Syrien bei hellen Mondscheinnächten Steinfälle besorgt. Auf Grund einer Höhenbestimmung der Feuerkugel vom 31. März 1676 behauptete Montanari deren kosmischen Ursprung, und aus ähnlichen Gründen sprachen sich auch Halley und Maskelyne entschieden dahin aus, dass die Meteormassen aus dem allgemeinen Weltraume zu uns gelangen. Allein diese Ansichten fanden bei dem wenig zahlreichen wissenschaftlichen Publicum von damals nur geringe Beachtung, und seltsamer Weise begann man sogar, die Pariser Akademie vorauf, gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts die Wirklichkeit der Meteoritenfälle geradezu abzuleugnen. Der Geschichtsschreiber dieser in mannigfacher Hinsicht so überaus merkwürdigen Epoche der physikalischen Wissenschaft, darf jedoch keineswegs übersehen, dass es hauptsächlich die wissenschaftlichen Corporationen waren, welche in so wenig wissenschaftlicher Weise ihre Zweifel der von Tausenden beobachteten Erscheinung entgegenstemmten. Beweise hierfür findet man in einzelnen Berichten über stattgehabte Meteorsteinfälle, wie z. B. in der ausgezeichneten Darstellung des Aërolithenfalles von Juillac. Lichtenberg sprach von den Meteoriten wie von einem elektrischen Meteore, und als Chladni 1792 den Göttinger Gelehrten besuchte und auf das Unstatthafte dieses Erklärungsversuches hinwies, äusserte Lichtenberg: man wisse eigentlich nicht genau, was man aus den Feuerkugeln machen solle, vielleicht dürften sie gar nicht einmal tellurischen, sondern kosmischen Ursprunges sein, ähnlich den Kometen, die man auch anfänglich für Producte der irdischen Atmosphäre gehalten habe. Durch diese Unterhaltung aufmerksam gemacht, beschloss Chladni den Aërolithen eine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und blieb noch drei Wochen in Göttingen, um in der dortigen Bibliothek so viele Nachrichten über Feuermeteore zu sammeln, als deren aufzutreiben seien. Als Resultat dieser Forschungen erschien 1794 die berühmte Abhandlung: „Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen.“ In dieser Schrift behauptet der Entdecker der Klangfiguren mit voller Zuversicht das Herabfallen von Meteorsteinen auf den Erdboden, nachdem jene Massen in die Nähe unseres Planeten gekommen sind. „Es sind,“ sagt er, „viele in kleinere Massen angehäufte grobe Materien, ohne mit einem grössern Weltkörper in Verbindung zu stehen, in dem

allgemeinen Weltraum zerstreut, in welchem sie sich, durch Wurfkräfte und Anziehung getrieben, so lange fortbewegen, bis sie etwa einmal der Erde oder einem andern Weltkörper nahe kommen und, von dessen Anziehungskraft ergriffen, darauf niederfallen. Durch ihre äusserst schnelle und vermöge der Anziehungskraft der Erde noch beschleunigte Bewegung muss nothwendig wegen der heftigen Reibung in der Atmosphäre eine sehr starke Elektricität und Hitze erregt werden, wodurch sie in einen brennenden und geschmolzenen Zustand gerathen und eine Menge Dünste und Luftarten sich darin entwickeln, welche die Masse zu einer ungeheuren Grösse aufblähen, bis sie endlich bei einer noch stärkern Entwicklung solcher elastischen Flüssigkeiten zerspringen muss." Chladni's Darlegungen, weit entfernt, die Leugner der Meteoritenfälle zu überzeugen, fachten nur den Widerstand um so mehr an, besonders in Frankreich; doch gehört es nicht hierhin, in dieser Beziehung weiter bei Einzelheiten zu verweilen. Im Jahre 1802 erklärte sich auch Howard bestimmt dafür, dass Steine auf die Erde herabfielen; aber noch im folgenden Jahre fürchtete Klaproth die Veröffentlichung seiner Analyse des Steines von Siena, „weil dadurch ein gelehrter Streit entstehen könne, da man noch zu sehr geneigt sei, das Factum für ein Märchen zu halten". Ein Vierteljahr später ereignete sich der berühmte Steinfall von l'Aigle, und auf Leblond's Bericht beschloss die Pariser Akademie, vorzugsweise durch Fourcroy angeregt, das angebliche Factum durch eines ihrer Mitglieder untersuchen zu lassen. Biot, der sich in Folge dessen an Ort und Stelle begab, fand alles so bestätigt wie die eingelaufenen Berichte ausgesagt. Nachdem solcher Art die Thatsache ausser Zweifel gestellt war, beeilte man sich, eine Menge von Hypothesen darüber aufzustellen, von denen schliesslich diejenige in Frankreich die Oberhand behielt, nach welcher die Meteorsteine Auswürflinge von Mondvulcanen wären. Auch Olbers schloss sich dieser Hypothese an. Poisson's Rechnungen zufolge gehört eine Anfangsgeschwindigkeit von 7123 Fuss dazu, um einen Stein aus dem Bereiche der Mondattraction in die Anziehungssphäre der Erde zu schleudern; Biot fand dafür 7771, Olbers 7780 Fuss. Indessen reichen solche Anfangsgeschwindigkeiten, wie schon Olbers frühzeitig bemerkte, nicht hin, die wirkliche beobachtete Schnelligkeit der meisten Meteorite zu erklären. Nimmt man eine wahre Geschwindigkeit von 5 geographischen Meilen in der Secunde an, so würde derselben eine anfängliche Wurfkraft von 110 000 Fuss entsprechen. Ferner kann nur in den allerseltensten Fällen die Richtung der Wurfbewegung gerade auf die Erde führen; durchgängig würde ein vom Monde mit der angegebenen Geschwindigkeit fortgeschleuderter Körper in elliptischer oder parabolischer Bahn die Erde umkreisen.

Chladni charakterisirt die allgemeine äussere Erscheinung der am Himmel auftauchenden Aërolithen kurzgefasst in folgender Weise. Als erstes Anzeichen erblickt man einen leuchtenden Punkt oder auch ein kleines helles Wölkchen, aus welchem schliesslich ein leuchtender Körper

hervortritt. Dieser bewegt sich mit einer derjenigen der Planeten vergleichbaren Geschwindigkeit. Nach und nach vergrössert sich der Körper und bildet eine Funken und Rauch aussendende feurige Kugel. Gewöhnlich zieht die Feuerkugel einen Schweif nach sich, der aus sich zuspitzenden Flammen und Rauch besteht, bisweilen auch kleine die Feuerkugel begleitende Theile derselben Masse enthält, woraus der Hauptkörper besteht. Die Feuerkugel zerspringt meist unter donnerartigem Getöse in kleinere Fragmente, die sich selten nochmals theilen. Am Tage ist es häufig erst der Donner, der das Platzen der Kugel begleitet, welcher die Aufmerksamkeit auf sich zieht; alsdann erblickt man nur noch das mit der Kugel auftretende Wölkchen.

Nicht immer scheinen die Feuerkugeln zu explodiren; viele, besonders kleinere Körper dieser Art, verschwinden häufig ohne Explosion, bei grösseren Meteoren findet dies weit seltener statt.

Professor Clark in Cambridge und mehrere andere Personen gingen am 6. Februar 1818 um 2 Uhr Nachmittags nahe bei der Universität spazieren, als sie nach Norden zu ein sehr grosses leuchtendes Meteor sahen, welches vertical vom Scheitelpunkte gegen den Horizont herabstieg und auf diese Weise einer durch die Schwerkraft zur Erde fallenden Masse glich. Der Himmel war damals vollkommen rein und die Sonne schien mit vollem Glanze. Das Meteor verschwand, bevor es die Dünste erreicht hatte, womit der Horizont im Norden bedeckt war, und liess auf seiner ganzen Bahn einen Streifen leuchtender Punkte zurück. Die nämliche Feuerkugel wurde auch nahe bei Swaffham in Norfolk gesehen. Bemerkenswerth ist die Sichtbarkeit leuchtender Streifen in der Bahn trotz des hellen Sonnenscheines.

Am 14. August 1863 sah Weber in Peckeloh eine Feuerkugel, welche ihre nahe 25 Grad lange Bahn in 4 Sec. zurücklegte. Der scheinbare Durchmesser war 5 bis 6 Minuten, die Farbe tiefgelb und der Schweif bestand aus aneinander gereihten, wellenförmigen, dem Umfange der Kugel entsprechenden lichten Parthieen. Der mit derartigen Erscheinungen sehr vertraute Beobachter versichert, sich zweifellos überzeugt zu haben, dass das Meteor um eine Axe rotirte. Es verschwand ohne Explosion. Die am 12. Januar 1836 zu Cherbourg gesehene Feuerkugel soll sich ebenfalls um ihre Axe gedreht haben.

Eine andere Bolide, die ebenfalls ohne sichtbare Veränderung erlosch, bestand aus zwei kleinen von einer gemeinschaftlichen Lichthülle umgebenen Körperchen. Derartige Doppelmeteore sind bisher nur sehr selten beobachtet worden.

Goddart berichtet über das am 29. März 1845 erschienene Meteor: „Es war vollkommen klarer Himmel bei Sterngefunkel. Als ich die Sterne in der Nähe des Arktur bewunderte, wurde meine Aufmerksamkeit plötzlich durch ein schwaches Licht im Sternbilde der Jagdhunde abgelenkt, einem Nebelfleck ähnlich, von der Helligkeit eines Sternes vierter Grösse und deutlich gelber Farbe. Ich richtete sofort mein Fernrohr darauf.

Das Meteor erschien als ein Nebel, aus vier Sternen bestehend, in der Mitte orangefarben. Es erlangte immer mehr Glanz und erlosch nach 2 Minuten.

Häufiger hat man bei nicht explodirenden Meteoren eine den Kern umgebende Dunsthülle bemerkt, so unter anderen Weber am Abende des 6. März 1864, wo das Meteor (bei 3 Bogenminuten Durchmesser) so lichtschwach erschien, dass es kaum einem Stern zweiter Grösse vergleichbar war. Derselbe thätige Beobachter beschreibt das Auftreten eines höchst merkwürdigen Meteors am 30. September 1866. Es erschien zuerst als feiner Lichtnebel ohne merklichen Durchmesser, stieg dann, sich westlich wendend, unter einem Neigungswinkel von 40 Grad aufwärts und dehnte sich derart aus, dass sein Durchmesser gegen $^1/_2$ Grad betrug. In dieser Ausdehnung erschien das Bild wie aus lauter Lichtflöckchen zusammengesetzt. Die Zwischenräume zwischen diesen matthellen Parthieen lagen in tiefem Dunkel. Doch wurden diese dunklen Stellen durch jene Flocken und Strahlen vielfach modificirt. Das ganze Bild erschien im Wirbel begriffen und machte einen schaurigen nicht zu beschreibenden Eindruck. Der Schweif, welcher die ganze Bahn einnahm und durch Abwickelung entstanden zu sein schien, hatte die Form eines sehr zugespitzten Kegels und löste sich erst nach dem Verschwinden des eigentlichen Körpers auf. Das letzte Aussehen des Meteors war ganz dasjenige eines planetarischen Nebels.

Die angeführten Beispiele beweisen, dass die Feuermeteore auch dann, wenn sie nicht explodirend auf die Erde herabstürzen, noch manche Erscheinung in ihrem Auftreten darbieten, deren wissenschaftliche Ergründung der Zukunft aufbehalten bleibt.

Die Helligkeit, welche die Feuerkugeln verbreiten, ist in vielen Fällen eine sehr bedeutende.

Am 27. December 1857, 2 Uhr 25 Min. früh, zog über Quenggouk bei Bassein in Pegu eine Feuerkugel herauf, welche vor ihrer Explosion die ganze Gegend umher taghell erleuchtete.

Die grosse Feuerkugel, die am 3. December 1861 über einen grossen Theil von Mitteldeutschland hinwegzog, verbreitete in einer Entfernung von 40 Meilen einen Glanz, der denjenigen des Vollmondes noch übertraf. Heis, der den Lauf des Meteors untersucht hat, berechnete nach einer in Berlin gemachten Schätzung, dass die absolute Lichtintensität dieser Feuerkugel jene einer gewöhnlichen Gasflamme um das 68 000 000-fache übertraf.

Ein ähnliches Feuermeteor, welches am 4. März 1863 gleichzeitig in Holland, Deutschland, Belgien und England gesehen wurde, zeigte ein solches Licht, dass ein Beobachter in Boppard am Rhein, 30 Meilen vom Heerde der Erscheinung entfernt, auf kurze Zeit das ganze zu seinen Füssen liegende Rheinthal durch dieselbe viel heller erleuchtet sah wie durch das Mondlicht. Als Prof. Heis sich persönlich nach Holland in denjenigen District begab, über welchem nach seiner Rechnung die Feuer-

kugel zerplatzt war, hörte er nicht mehr von einem „grossen Feuerballe“ oder von einer „grossen leuchtenden Kugel“ sprechen, sondern die Bewohner redeten nur von dem „grossen Himmelsfeuer“. Das Meteor strahlte hier in so gewaltiger Helligkeit, dass die meisten Beobachter gar nicht im Stande waren, genau die Richtung anzugeben, in welcher dasselbe verschwand.

Die Farbe der Meteore ist nur in ziemlich seltenen Fällen rein weiss; sie deutet, wie schon Chladni vermuthete — der aus dem grünen Lichte mancher Feuerkugeln scharfsinnig auf einen Kupfergehalt derselben schloss — auf die Zusammensetzung der die Grundmasse bildenden Bestandtheile.

Am 13. September 1824 sah man in Petersburg in der Richtung nach Südwest eine kleine Feuerkugel von hellblauer Farbe, welche unter einem Winkel von 35 Grad nach dem Boden hinabging. Der lange, leuchtende Schweif, welcher der Kugel folgte, hatte ebenfalls eine blaue Farbe. Eine am 5. December 1825 gegen 5 Uhr Abends in Berlin gesehene Feuerkugel besass ein mattes röthliches Licht. Am Morgen des 12. Januar 1835 sah man in der Umgegend von Cherbourg eine Feuerkugel von der scheinbaren Grösse des Vollmondes, die mit röthlichem stark ins Purpurfarbene spielendem Lichte leuchtete. Die am 27. December 1857 gesehene Feuerkugel war gelblich grün. Am 23. April 1862 wurde in Athen ein Feuermeteor beobachtet, dessen Helligkeit so bedeutend war, dass die Hälfte der Sterne am Himmel erlosch. Die Farbe war das intensivste Grüngold. Am 27. November desselben Jahres wurde an vielen Orten Englands eine grosse Feuerkugel gesehen. Ihr Licht, sagt ein Beobachter zu Grantham, war ein grelles Blau, doch nur an der Spitze stark glänzend, meistens stark zunehmend, aber sich gelegentlich zu einem Kreise ausdehnend; der übrige Theil war milchig weiss und dunkel in der Erscheinung. In der Bahn blieb ein Funkenstreifen zurück, der jedoch nur 1 bis 2 Secunden andauerte. Kugeln von blauer Farbe und bedeutender Grösse fielen von der Spitze des Meteors senkrecht herab, nicht beständig, sondern in häufigen Zwischenräumen. Diese Kugeln sprühten kleinere Kugeln aus, welche in sternartigen Funken von gelber Farbe zersprangen, ähnlich einer Raketenschnur aus einiger Ferne gesehen. Das Meteor verschwand im Maximum seines Glanzes; nicht zerspringend, sondern als wenn es hinter einen dunkeln Körper ging. Am 4. Juli 1864 sah Neumayer in Melbourne eine Feuerkugel von hellblauer Farbe mit orangegelbem Schweife. Gonvers in Wien berichtet über das Erscheinen eines Feuermeteors am 30. September 1866 von hellblauer Farbe und rothgelbem Schweife. Ein am 8. April 1866 an mehreren Orten Süddeutschlands gesehenes Meteor von halber Mondgrösse war gelb und hinterliess einen blutrothen Schweif.

Wie sich aus den wenigen angeführten Beispielen ergibt, werden die Farben, in welchen die Feuerkugeln erglänzen, sehr mannichfaltig angegeben, meist weiss, roth und blau, dann grün, seltener gelblich.

Nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens ist es schwer, zu entscheiden, ob jene Färbungen des Lichtes aufblitzender Meteore objectiv oder subjectiv sind. Für beides lassen sich Gründe anführen. Die Zusammensetzung des Meteoriten muss auf die Farbe des von ihm im Zustande des (oberflächlichen) Glühens ausgesandten Lichtes Einfluss haben; anderseits aber schwanken die Angaben der Färbung für das Meteor vom 3. März 1861 zwischen Blau, Grün und Weiss, und für jenes vom 4. März 1863 zwischen Tiefgelb, Grünlich, Roth und Blau. Darf man hieraus schliessen, die Feuerkugel habe während ihrer Entwicklung die Farbe geändert, oder sind die Unterschiede der Angaben in subjectiven Anomalien begründet?

Julius Schmidt gibt folgende tabellarische Zusammenstellung von Feuermeteoren (s. S. 302).

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass der Schall der Meteore im Februar und März dreimal häufiger als im August gehört wird. Das stimmt vollkommen mit den Resultaten von Schmidt über die Minimalhöhe der Atmosphäre, die ein Maximum in den Wintermonaten erreicht; in einer höhern, dichtern und kältern Atmosphäre wird die Wahrscheinlichkeit einer Detonation grösser.

Dem Maximum der Sternschnuppen und Feuerkugeln entspricht das Minimum der Detonationen; eben so sind Meteoritenfälle im August und November am seltensten. Das eigentliche Maximum für die Aërolithenfälle ist im Mai, zu einer Zeit, wo die Detonationen noch dem Maximum nahe und die Schweife am seltensten sind. „Es will scheinen," bemerkt Schmidt, „dass der vollständigste Verbrennungsprocess die häufigsten Schweife und die seltensten Steinfälle bedingt."

Was die Gestalt anbelangt, unter welcher die eigentliche Feuerkugel gewöhnlich am Himmel fortziehend beobachtet wird, so ist diese nicht immer die kreisrunde oder scheibenförmige; sie wird bisweilen als elliptisch, birn- und kegelförmig oder als unbestimmt unregelmässig angegeben. Es bleibt sehr misslich, aus solchen Angaben Schlüsse auf die wahre Gestalt eines Meteors zu ziehen, da die strahlende Helligkeit leicht zu sehr bedeutenden Täuschungen führt. Die Winkelgrössen, welche die Beobachter für einzelne Feuerkugeln angeben, müssen alle in Folge der Irradiation zu gross sein; dann können sich dieselben auch keineswegs auf den eigentlichen Kern, sondern nur auf die umgebende Dunsthülle beziehen. Denn in den meisten, wahrscheinlich sogar in allen Fällen bildet der eigentliche Meteorit nur den allerkleinsten Theil des Feuerballes, der von der Erde aus wahrgenommen wird.

Das strahlende Meteor, welches am 19. März 1718 Aller Augen in England auf sich zog, besass, nach Halley's Rechnung, bei einer Höhe von 60 Meilen über dem Erdboden, einen Durchmesser von fast 8000 Fuss.

In der Nacht vom 4. zum 5. Januar 1837 sah man an vielen Orten Frankreichs und Deutschlands eine Feuerkugel, die nach Petit's Berech-

nung einen Durchmesser von 6600 Fuss besass und deren Abstand von der Erde 34 Meilen betrug.

Vergleichende Tafel beobachteter Feuermeteore, zusammengestellt von J. F. Jul. Schmidt (zu S. 301).

1. Monatssummen.

	Zahl der Meteore	Detonationen	Meteoritenfälle	Schweife	weisse	gelbe	rothe	grüne
Januar . .	230	52	22	39	211	3	9	12
Februar . .	180	44	19	32	168	3	4	7
März . . .	196	51	27	38	179	9	4	12
April . . .	172	37	27	26	160	1	7	6
Mai	177	40	41	27	156	2	7	15
Juni	179	33	31	31	158	1	7	15
Juli	253	44	39	50	215	8	9	24
August . . .	404	34	25	108	344	11	23	34
September .	237	36	18	59	204	3	13	17
October . .	291	50	28	54	263	3	9	21
November .	339	61	20	67	295	10	15	23
December .	292	53	26	44	266	9	5	24

2. Häufigkeit nach Procenten.

	Zahl der Meteore	Detonationen	Meteoritenfälle	Schweife	weisse	gelbe	rothe	grüne
Januar . . .	—	22,6	9,5	16,6	89,8	1,2	3,9	5,1
Februar . .	—	24,4	10,5	17,7	92,3	1,6	2,2	3,8
März . . .	—	26,0	13,7	19,3	87,7	4,4	1,9	5,9
April . . .	—	21,5	15,7	15,0	91,4	0,6	4,0	3,4
Mai	—	22,6	23,1	14,8	85,7	1,0	3,7	8,2
Juni	—	18,4	17,3	17,1	87,3	0,5	3,7	8,2
Juli	—	17,4	15,4	19,5	84,0	3,1	3,5	9,3
August . . .	—	8,4	6,2	26,4	83,4	2,7	5,6	8,3
September .	—	15,2	7,6	25,0	86,0	1,2	5,5	7,2
October . .	—	17,2	9,6	18,8	88,8	1,0	3,0	7,1
November .	—	18,0	5,9	19,5	86,0	2,9	4,3	6,7
December .	—	18,1	8,8	14,9	90,5	3,0	1,7	6,7

Die Feuerkugel vom 18. August 1841 hatte nach demselben Astronomen einen Durchmesser von 11 700 Fuss bei einer senkrechten Höhe von 91 Meilen über dem Boden.

Die Feuerkugel vom 23. Juli 1846 besass, ebenfalls nach Petit, einen Durchmesser von 210 Fuss; jene vom 6. Juli 1850 einen solchen von 750, und das Meteor des 2. April 1852 von 96 Fuss.

Nach der Berechnung von Heis besass die Feuerkugel vom 3. December 1861 einen Durchmesser von mindestens 900 Fuss, und diejenige vom 3. März 1863 einen solchen von 1300 Fuss.

Eine am 18. October 1863 in Griechenland gesehene Feuerkugel besass nach Schmidt einen Durchmesser von 66 Fuss.

Den Durchmesser des Meteors vom 11. März 1866 finde ich zu 200 Fuss.

Die niederfallenden Bruchstücke, deren Gestalt bisweilen auf eine kugelartige Form des ursprünglichen Meteors hinweist, besitzen niemals eine Grösse, welche den oben berechneten auch nur näherungsweise vergleichbar wäre. Kennte man einen genauen Werth für die Irradiation bei Schätzungen der scheinbaren Grösse der Feuerkugeln, so liesse sich einigermaassen die wichtige Frage entscheiden, ob diese bei ihren Explosionen nur kleinere Fragmente zur Erde niedersenden und die Hauptmasse des Meteors durch die Gewalt der Explosion aufs Neue aus der Nähe der Erde fortgetrieben wird, oder ob der grösste Theil, wenn nicht alles, was als Feuerkugel hoch durch die Luft zieht, zur Erde fällt. Nach Dr. Smith's Erfahrung erscheint ein kleines Kalkstückchen im Hydrooxygengebläse in der Entfernung einer halben Meile durch Irradiation bis zu einem scheinbaren Durchmesser von etwa 1 Grad vergrössert; nach solchen Wahrnehmungen wird man allerdings zu der Annahme geneigt, dass die wahren Durchmesser der compacten Meteormassen vielleicht niemals 100 Fuss erreichen.

Die Feuermeteore ziehen bei ihrem Laufe durch die Lüfte durchgehends einen mehr oder minder glänzenden Schweif nach sich, der bisweilen, wie bei der am 29. October 1857 in Paris gesehenen Feuerkugel, aus einer unzähligen Menge sternartig glänzender Funken zu bestehen scheint. Die Länge dieser Schweife ist verschieden. Derjenige der grossen Feuerkugel vom 3. December 1861 wird von Weber 11 Grad lang angegeben (während die Feuerkugel sich über 43 Meilen vom Beobachter entfernt befand), was unter der Annahme, dass der Schweif sich in der Fluglinie der Kugel selbst befand, für diesen zu einer wahren Länge von mehr als acht geographischen Meilen führt. Mittelzahlen, wie Brandes sie angibt, sind hier schwerlich als zuverlässig anzunehmen.

Obgleich die Form der Schweife meist die konische ist, so hat man doch auch Abweichungen von dieser Normalgestalt bemerkt. So war z. B. bei der grossen Feuerkugel vom 3. Februar 1856 der Schweif am äussern Ende in zungenförmige Ausläufer getheilt, denen, getrennt, noch einzelne dunkelrothe Punkte folgten. Am seltensten sind fächerförmige Schweife wie bei den Meteoren vom 7. Mai und 9. December 1850.

Bei der Frage nach der Dauer der Schweife muss man sorgfältig

zwischen dem Verschwinden für das blosse Auge und jenem für das Fernrohr unterscheiden. Denn in neuerer Zeit hat man begonnen, die Schweife im Fernrohre zu verfolgen, und hierdurch sehr überraschende Resultate in Beziehung auf die Sichtbarkeit und die seltsamen Gestaltveränderungen, welche dieselben zeigen, erhalten. Die längste beobachtete Dauer, und zugleich die älteste Wahrnehmung dieser Art findet man bei dem Schweife der Feuerkugel, die den Eisenfall von Hradschina bei Agram erzeugte. Der zickzackförmige Schweif blieb, wie Haidinger aus alten Urkunden gezeigt hat, volle $3^1/_2$ Stunden dem blossen Auge sichtbar am Himmel stehen.

Der Schweif der grossen funkensprühenden Feuerkugel, welche am 30. September 1850 Abends über einen grossen Theil von Nord-Amerika hinwegzog, blieb eine ganze Stunde hindurch sichtbar.

Schmidt in Athen hat eine Reihe merkwürdiger Schweifbeobachtungen angestellt und in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften veröffentlicht. Eins der merkwürdigsten Phänomene dieser Art ist dasjenige, welches van Hennekeler in der Nacht vom 13. zum 14. November 1865 auf der Sternwarte zu Leiden beobachtete. Dieser Astronom bemerkte plötzlich in der Nähe von ϱ im Löwen, $^1/_2$ Grad über diesem Sterne unbeweglich stehend, eine hellstrahlende Feuerkugel, bestehend aus einem rothen, scheibenförmigen, von einer ausgedehnten schwächer leuchtenden Hülle umgebenen Kerne, im Ganzen etwa 20 Bogenminuten im grössten Durchmesser haltend. Das Meteor blieb einige Secunden lang unbeweglich stehen und verminderte dabei merklich seine Helligkeit, dann löste es sich plötzlich geräuschlos in eine compacte Nebelmasse von länglicher Gestalt auf. Hennekeler richtete sofort den grossen Kometensucher darauf und erblickte sie aus zwei, in gleicher Richtung sich erstreckenden, fast gleichbreiten Theilen mit scharfbegrenzten zackigen Rändern bestehend, die mit dunklen Flecken überdeckt waren. Das Ganze lief an dem einen Ende aus in einen körnig erscheinenden, heller gefärbten Hof; am andern flossen die beiden Theile allmälig in einander und liefen in eine Spitze aus, in der ein dunkler Fleck stand, welcher den ganzen drei Grad langen Schweif in gerader Linie nach sich zog. Nach einigen Minuten rief Hennekeler einen zweiten Beobachter herbei; doch war in dieser kurzen Zwischenzeit plötzlich eine auffallende Aenderung in dem Aussehen der ganzen Masse eingetreten. Der schwarze Flecken der Spitze war verschwunden, letztere hatte sich herabgesenkt und bildete mit der andern Hälfte des Schweifes einen stumpfen Winkel, die Masse war vier Grad lang und breiter geworden, dabei durschscheinender, so dass sehr schwache Sterne dadurch sichtbar waren. Um 1 Uhr 13 Minuten war das Meteor in der Mitte zwischen ϱ und ϑ Leonis angekommen und hatte sich in zwei kleine parallele Wölkchen getheilt; die Fortbewegung wurde rascher und gleichzeitig die Helligkeit geringer. Nachdem ϑ im Löwen erreicht worden, war im Kometensucher kaum noch etwas zu sehen; beide Wölkchen

hatten sich in eine Anzahl paralleler Streifen zertheilt. Der von der Masse zurückgelegte Weg betrug 11 Grad 37 Minuten; die erste Hälfte desselben wurde in 25, die andere in 11 Minuten durchlaufen.

Diese und ähnliche Wahrnehmungen zeigen, dass die Schweife keine subjectiven Erscheinungen sind, wie man früher bisweilen angenommen hat; aber zur Feststellung der eigentlichen Natur dieser geheimnissvollen Phänomene reichen sie noch keineswegs aus. Es ist unzweifelhaft, dass die Spectralanalyse hier, wie in so manchen anderen Fällen, zuerst eine befriedigende Lösung des Problems anbahnen wird. Browning fand das Licht mehrerer Schweife im Spectroskop homogen, doch vielleicht nur weil es sehr schwach war, denn Secchi sah im November 1868 im Spectrum der Schweife die hellen Sodium- und Magnesiumlinien.

Die vielfältigsten Beobachtungen haben ergeben, dass die Höhen, in welchen Feuerkugeln sichtbar werden, sehr verschieden, immer aber nach Meilen zu berechnen sind. Es ist kein sicheres Beispiel bekannt, dass ein Meteor in geringeren Höhen als 0,5 Meile explodirte. Das Meteor vom 3. December 1845 soll freilich nur in 150 Fuss Höhe über der Erde bei Mentz zerplatzt sein, allein die Angaben sind nicht zuverlässig.

Ich stelle hier die von mir gesammelten Rechnungsresultate für die Höhen verschiedener Boliden zusammen (siehe folgende Seite).

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, dass die Detonations- und Lichtphänomene welche die Feuerkugeln für uns darbieten, in Höhen vor sich gehen, in welchen die Atmosphäre eine verschwindend geringe Dichtigkeit besitzt. R. von Reichenbach hat die Wärme- und Lichterzeugung, sowie das Platzen der Meteorite von mathematisch-physikalischem Standpunkte aus untersucht. Er gelangte zu dem Resultate, dass jene Phänomene einzig und allein in dem Widerstande der Luft schon ihre hinreichende Erklärung finden, selbst dann, wenn das Meteor ohne eigentlichen Aërolithenfall die höchsten Luftregionen durchzieht. Aus den mathematischen Erörterungen folgt, dass die Wärmeentwickelung gänzlich von der ursprünglichen kosmischen Geschwindigkeit des Meteors abhängt, dagegen keineswegs von der Dichte der Luft an jener Stelle; es kommt nur darauf an, in welchem Verhältnisse ein gewisses Luftvolum verdichtet wird, nicht aber, welchen Dichtigkeitszustand die comprimirte Luft ursprünglich besass. In einer Höhe von etwa $2^1/_2$ Meilen würde ein Meteorit, dessen Geschwindigkeit 5 Meilen in der Secunde beträgt, einen Luftdruck gegen jeden Quadratzoll seiner Oberfläche von 77 Centnern auszuhalten haben, in dreifach grösserer Höhe würde der Druck nur 3 Centner betragen. Unter solchen Verhältnissen gewinnt die Annahme, dass Steinmeteorite durchschnittlich in 1 bis 2 Meilen Höhe zu zerplatzen pflegen, sehr an Wahrscheinlichkeit, und es wird zugleich erklärlich, weshalb der Stein in Trümmern und das nickelhaltige Meteoreisen als Ganzes zur Erde gelangt.

Die Frage, ob die Aërolithen als grössere zusammenhängende Massen oder als Gruppen von kleinen Bruchstücken in die Atmosphäre treten,

ist vielfach in entgegengesetztem Sinne discutirt worden; Greg ist der erstern Ansicht und beruft sich hierbei mit Recht auf die eckige unregelmässige Form der Bruchstücke. Die Ursache des mit der Explosion ver-

Meteor.			Entfernung von der Erdoberfläche in Meilen		Meteor.			Entfernung von der Erdoberfläche in Meilen	
			beim Aufleuchten.	beim Verschwinden.				beim Aufleuchten.	beim Verschwinden.
1846	März	21.	1,5	—	1863	Nov.	13.	17,57	6,78
1852	April	2.	2,0	—	1863	„	13.	17,9	9,6
1866	März	11.	2,7	0,7	1845	April	24.	18	—
1754	Aug.	15.	3,0	—	1863	März	4.	18,1	3,5
1807	Dec.	14.	3,5	—	1863	Nov.	13.	18,75	10,34
1803	Nov.	13.	4,5	—	1863	„	13.	19,0	11,5
1846	Juli	23.	5,5	—	1841	Juni	9.	19,0	—
1864	Aug.	10.	5,8	5,0	1865	„	13.	19,42	54,72
1686	„	19.	6,0	—	1861	Nov.	12.	19,5	—
1850	Juni	5.	6,5	—	1865	„	13.	19,53	9,68
1864	Mai	14.	7,4	2,4	1852	Dec.	11.	21	5
1708	Juli	31.	9,0	—	1863	Oct.	18.	21,2	1,6
1783	Oct.	4.	9,0	—	1868	Jan.	30.	23	5
1864	Nov.	11.	9,0	—	1849	Juli	29.	25,9	4,2
1784	Sept.	11.	9,0	—	1847	Aug.	19.	27,0	8,5
1857	Nov.	19.	10,0	6,0	1861	Dec.	3.	28,0	13,3
1857	Dec.	17.	10,5	7,5	1850	Juli	6.	32,0	16,0
1779	Oct.	31.	12,0	—	1837	Jan.	4.	34,0	—
1783	Aug.	18.	12 0	—	1676	März	31.	35,0	—
1868	Dec.	7.	12,0	—	1842	Juni	3.	37,0	2.5
1865	Nov.	13.	12.97	9,0	1857	Oct.	29.	38,3	4,4
1850	Sept.	30.	13	11,06	1718	März	19.	59,5	—
1856	Febr.	3.	13,0	10,5	1844	Oct.	27.	64,0	1,5
1858	Aug.	4.	15,0	8,0	1841	Aug.	18.	—	91,0
1811	Mai	15.	15 5	—	1810	Nov.	23.	—	3,1
1850	Dec.	24.	15,9	5,9	1850	Febr.	11.	—	5,0
1861	Aug.	10.	16 3	11,0	1867	Aug.	2.	—	4,0
1865	Nov.	13.	17,44	9,60	1868	Sept.	5.	—	22
1762	Juli	24.	17,5	3,5	1869	Juni	7.	—	4,5

bundenen Getöses sucht man allerdings in den durch das Zerspringen hervorgerufenen Lufterschütterungen, wobei, wie Smith annimmt, auch

wohl elektrische Entladungen mitwirken dürften; aber die Intensität der Detonationen in so bedeutenden Höhen bleibt schwierig zu erklären.

Es ist hier noch der Ort, der sonderbaren Abweichungen von der geraden Fluglinie zu gedenken, welche einige Meteore, die sogenannten caprae saltantes, zeigen. Eine solche Feuerkugel, die 1740 zu Toulon gesehen wurde, hob und senkte sich in ihrer Bahn und zerplatzte nach einem deutlichen Rücksprunge. Diese Erscheinung hat aller Wahrscheinlichkeit nach in Gasausströmungen ihren Grund, welche die Explosion begleiteten, wie dies auch eine 1807 in Weston (Nord-Amerika) gesehene Feuerkugel sehr nahe legte, welche bei dreimaliger Explosion hinreichend unterscheidbare Sprünge machte.

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

(Die mit + bezeichneten Meteore waren von Detonationen begleitet).

Jahr	Monat	Tag	Ort	
v. Chr.				
74	April	7.	China	
n. Chr.				
24	„	4.	„	
35	Januar	25.	„	+
57	Nov.	14.	„	+
58	Mai	22.	„	
72	April	8.	Jerusalem	
90	Juni	22.	China	+
99	„	25.	„	
103	Januar	6.	„	+
138	März	27.	„	+
303	Dec.	5.	„	+
304	„	15.	„	+
307	Sept.	26.	„	+
310	Oct.	23.	„	+
322	Sept.	10.	„	
337	Juli	30.	„	
340	März	15.	„	
352	Juli	21.	„	
354	Mai	14.	„	+
369	Dec.	10.	„	+
381	Nov.	20.	„	+
389	April	4.	„	+
452	Juli	6.	„	+
455	Oct.	22.	„	+
565	März	31.	„	
568	„	18.	„	+
578	Januar	8.	„	
578	Juli	21.	„	
578	Aug.	12.	„	
579	Mai	15.	„	
579	Juni	23.	„	+
579	Aug.	30.	„	
581	Januar	3.	„	+
583	„	31.	Frankreich	
585	Oct.	28.	„	
616	Januar	14.	China. Ein aus der Kugel herabfallender Meteorstein zerschmetterte einen Wagen u. tödtete dabei 10 Menschen.	
n. Chr.				
616	Mai	28.	China	
616	Oct.	14.	„	+
616	Oct.	15.	„	+
617	Juni	11.	„	
620	Nov.	29.	„	+
642	Juli	22.	„	
666	Febr.	15.	„	+
704	April	24.	„	+
708	März	16.	„	+
744	April	4.	„	+
745	Januar	1.	England	
757	Mai	19.	China	
757	Dec.	3.	„	
767	Oct.	15.	„	
768	„	19.	„	
771	Nov.	2.	„	
773	Juli	18.	„	
774	Jan.	18.	„	
775	April	9.	„	
798	Juni	20.	„	+
809	Sept.	16.	„	+
811	März	30.	„	+
817	Oct.	26.	„	+
822	Nov.	26.	„	
823	Sept.	23.	„	
837	Nov.	8.	„	
841	Dec.	22.	„	
900	April	20.	„	
911	Dec.	17.	„	+
925	Sept.	21.	Egypten	
925	Oct.	7.	China	+
934	„	14.	„	
954	Febr.	20.	„	+
960	Oct.	19.	„	
960	„	20.	„	
960	„	23.	„	
962	Juni	13.	„	+
964	April	3.	„	
966	Juni	12.	„	
966	Oct.	14.	„	

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.				
968	Aug.	3.	China	
969	Juli	20.	„	
971	Sept.	20.	„	+
972	„	28.	„	+
974	Oct.	14.	„	+
978	Nov.	5.	„	+
987	Juli	17.	„	+
988	Mai	13.	„	+
988	Juli	12.	„	
989	Mai	8.	„	
990	Nov.	30.	„	+
991	Oct.	4.	Egypten	
996	Mai	21.	China	
1002	Sept.	14.	Egypten	
1002	Oct.	12.	China	
1004	Januar	25.	„	+
1004	Dec.	12.	„	
1005	Juni	5.	„	
1005	Dec.	11.	„	+
1006	Aug.	16.	„	+
1009	April	1.	„	
1010	„	14.	„	
1010	Aug.	7.	„	
1010	Sept.	11.	„	
1010	Oct.	14.	„	
1011	Juli	23.	„	
1011	Aug.	2.	„	
1011	Nov.	16.	„	
1012	Sept.	11.	„	
1018	Nov.	9.	„	
1028	Mai	16.	„	+
1040	Dec.	17.	„	+
1046	Juli	14.	„	+
1060	Febr.	5.	„	+
1061	Dec.	18.	„	
1064	Oct.	7.	„	
1064	„	13.	„	
1068	Juli	25.	„	
1070	April	11.	„	
1073	Dec.	6.	„	
1074	Aug.	13.	„	
1078	Juli	13.	„	+
1095	Febr.	24.	Süddeutschland	
1095	April	4.	Frankreich	
1198	Aug.	2.	China	
1221	Januar	1.	„	+
1228	Juli	10.	„	
1230	Dec.	25.	„	
1231	Oct.	18.	„	
1241	Aug.	1.	„	
1243	„	27.	„	
1260	Nov.	25.	„	+
1325	Mai	22.	Florenz	
1328	Juni	28.	China	
1352	Oct.	22.	Italien	+
1356	Dec.	3.	China	+
1358	Dec.	8.	China	+
1359	Febr.	17.	„	+
1404	Januar	6.	„	+
1424	Juni	21.	„	+
1427	Januar	12.	„	+
1449	Dec.	16.	„	
1451	Sept.	10.	„	
1465	„	22.	Paris	
1476	Dec.	11.	China	
1484	Juni	3.	„	+
1491	Nov.	15.	„	
1495	Mai	12.	„	+
1496	April	23.	„	+
1497	Febr.	11.	„	+
1498	„	17.	„	+
1499	Mai	21.	Schweiz	
1501	Aug.	18.	China	
1503	März	9.	„	
1507	Oct.	4.	„	
1510	Mai	9.	„	Meteor mit 2 Schweifen
1511	Sept.	4.	Crema	+
1511	„	17.	China	+
1520	Mai	15.	„	+
1537	Januar	16.	Mitteldeutschland	
1547	April	24.	Halberstadt	
1547	Dec.	15.	Hamburg	
1548	Nov.	6.	im Mansfeldschen	
1557	März	10.	Châlons	
1566	Juli	17.	Paris	
1567	Nov.	14.	Winterthur	+
1570	Januar	10.	Anspach	+
1574	Mai	23.	Zürich	
1577	Oct.	11.	Schweiz	
1580	Sept.	21.	Stuttgart	
1584	Febr.	19.	Zürich	
1585	Juli	28.	China	+
1587	„	4.	„	+
1589	Febr.	16.	„	+
1603	Aug.	8.	Zürich, ebenfalls Sept. 9. und 20.	
1603	Sept.	10.	Schweiz	
1609	Aug.	8.	Zürich	
1610	März	11.	China	+
1613	Januar	21.	„	
1615	Mai	19.	„	+
1618	Nov.	12.	„	+
1619	Oct.	5.	Schweiz	
1623	März	19.	Zürich	
1623	Nov.	7.	Deutschland	
1624	„	7.	Tübingen	
1629	April	4.	„	
1634	Aug.	5.	Brandenburg	
1637	Oct.	3.	Frankreich	
1637	Nov.	27.	„	+
1640	April	4.	Holland und Schweiz	

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1641	Sept.	15.	Brandenburg
1643	Febr.	6.	Glarus +
1643	Dec.	25.	Brandenburg +
1646	März	15.	Reutlingen
1647	Febr.	18.	Zwickau +
1648	Januar	8.	Italien
1648	„	10.	Glückstadt
1649	Sept.	1.	Hamburg, capra saltans
1651	Januar	7.	Schweiz +
1660	Febr.	23.	Wittenberg
1661	Januar	20.	Schweiz
1661	Aug.	16.	Brandenburg
1662	April	26.	Königsberg
1663	März	13.	Malmö +
1664	April	8.	Sachsen
1666	Juli	17.	Italien
1668	Juni	19. oder 21.	„ +
1676	Januar	24.	Schweiz +
1676	Febr.	21.	„ +
1676	März	31.	Italien
1676	Sept.	20.	England
1678	Aug.	23.	Glarus +
1680	Mai	22.	Deutschland
1680	Dec.	17.	Kurland
1682	März	21.	Schweiz
1682	Mai	8.	Glarus
1682	Nov.	20.	Zürich
1682	Dec.	5.	„
1683	Aug.	12.	Leipzig
1684	Mai	19.	Sachsen
1684	Nov.	13.	„
1686	Juli	19.	„
1687	Mai	6.	Zürich und Bern
1687	„	22.	Paris
1688	April	17.	Heilbronn, Schweif wellenartig, lang
1689	Oct.	1.	Boston
1692	„	9.	Temesvar +
1698	Mai	17.	Zürich
1700	Januar	7.	Normandie +
1704	„	4.	Quesnoy +
1704	Dec.	25.	Barcelona +
1708	Juli	31.	England
1709	März	4.	Lima
1709	Dec.	7.	Zürich
1709	„	28.	„
1710	Mai	17.	England
1711	März	11.	Schweiz
1711	„	28.	Zürich +
1714	Oct.	4.	Bern +
1715	Sept.	29.	Brandenburg
1717	Aug.	10.	Schlesien
1718	März	19.	England +
1718	„	24.	Indien. Insel Lethy
1719	Febr.	22.	Zürich
1719	März	19.	England +
1719	„	30.	Holland
1721	Januar	26.	Schweiz
1722	Febr.	1.	„
1723	Januar	6.	Portugal +
1723	Aug.	22.	Polen
1725	Oct.	22.	Maryland
1726	Febr.	4.	Regensburg
1728	März	28.	Lausitz
1728	Mai	30.	Portugal
1728	Dec.	4.	Nürnberg
1729	April	19.	Genf, Schweif 7 bis 8 Minuten sichtbar
1729	Juni	2.	Schweiz
1729	Aug.	23.	Paris
1729	Oct.	1.	Schweden
1729	Nov.	25.	Toskana
1730	April	13.	Mons (Belgien)
1730	Juli	17.	Neisse
1730	Aug.	20.	Lausitz
1731	März	3.	Upsala
1731	„	12.	England +
1733	Nov.	4.	Frankreich
1734	März	13.	England
1734	Dec.	9.	Regensburg +
1736	Febr.	9.	Brandenburg +
1736	Oct.	1.	England
1737	Dec.	5.	Mitteleuropa +
1738	Juli	13.	Paris, capra saltans
1738	Aug.	28. oder 29.	England +
1739	Juni	3.	Cambridge + (N.-Amer.)
1739	Dec.	2.	England
1740	Febr.	29.	Toulon +, capra saltans
1741	Oct.	10.	Brandenburg
1741	Dec.	11.	England +
1742	Nov.	24.	Nord-Amerika
1742	Dec.	16.	England
1744	Mai	7.	Oxford
1744	„	27.	London
1745	Oct.	13.	Bologna
1749	Nov.	4.	atlant. Ocean. Ein Stück des Meteors beschädigte den Schiffsmast und tödtete 5 Menschen
1750	Febr.	9.	Schlesien +
1750	April	12.	Hamburg
1750	Juni	7.	England
1750	Juli	16.	Italien
1750	„	22.	England
1751	Mai	26.	Agram +
1752	Juni	19.	Nimes
1752	Sept.	4.	Zürich, 11 Uhr Abend
1752	Dec.	25.	Glasgow
1753	Nov.	4.	Frankreich +
1754	Febr.	26.	England

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1754	Aug.	15.	England
1755	Nov.	27.	Schweden
1756	Januar	15.	England
1756	„	21.	„
1756	„	26.	„
1756	Febr.	28.	Köln
1756	März	3.	Frankreich und Schweiz
1756	April	29.	England
1757	Febr.	18.	Rouen
1757	„	26.	Irland
1758	Nov.	26.	England
1758	Dec.	22.	„
1759	Mai	4.	Neufundland
1759	Oct.	20.	England
1760	Mai	10.	Nordamerika +, 3 Mal explodirend
1761	Januar	26.	Kopenhagen
1761	Juli	17.	Italien
1761	Nov.	3.	England
1761	„	12.	Frankreich +, entzündete im Dorfe Chamblan ein Haus
1762	April	30.	Schweden +
1762	Juli	24.	Sachsen +
1762	Dec.	5.	England
1763	Januar	13.	Schweden +
1763	„	15.	England
1763	April	29.	Paris
1764	Juni	10.	Schweiz
1765	Oct.	11.	England +
1768	März	23.	atlant. Ocean +
1771	Juli	17.	England
1771	Nov.	9.	Schwaben
1772	Febr.	10.	England
1773	Juli	29.	Frankreich
1773	Aug.	8.	England +
1776	Mai	12.	Mexiko
1776	Juli	11.	Oxford +
1777	Sept.	11.	Bern +
1778	Aug.	26.	Veltlin +, capra saltans
1779	März	8.	Frankreich
1779	Aug.	5.	Peking
1779	Oct.	31.	Virginien
1780	April	11.	England +
1780	Mai	30.	Zürich $1\frac{1}{4}$ Uhr Nachts
1780	Aug.	10.	Luzern
1783	Aug.	18.	Mitteleuropa +
1783	Sept.	5.	Schweiz
1783	Oct.	4.	England
1784	Juli	30.	Prag
1784	Sept.	4.	„
1784	„	11.	Italien
1785	Januar	10.	Valence
1785	Mai	31.	Mittelitalien
1785	Oct.	15.	Gotha
1786	April	10.	Portugal +

n. Chr.			
1786	Juni	29.	Bern
1787	Sept.	11.	Edinburg +
1787	Dec.	3.	Genf
1788	Oct.	17.	New-York
1790	Juli	24.	Frankreich +
1792	April	18.	Lima
1792	Juli	23.	Leipzig
1794	Juni	16.	Siena +
1796	März	8.	Deutschland +
1797	Januar	20.	Bern
1797	Juli	13.	Göttingen
1798	März	8. oder 12.	Genf +
1798	Juli	28.	England +
1798	Sept.	6.	Bern +
1798	„	22.	England
1798	Nov.	20.	„
1798	Dec.	13.	Benares +
1799	Nov.	2.	England
1799	„	7.	Mexiko
1799	„	12.	England
1800	April	1.	„
1800	„	5.	Nordamerika
1800	„	8.	„
1801	Juni	19.	Halle
1801	Oct.	15.	Zürich
1801	„	23.	Colchester
1802	Aug.	10.	Quedlinburg
1803	Januar	21.	Schlesien
1803	April	26.	Aigle +
1803	Juni	9.	Bern
1803	Juli	4.	England +
1803	Sept.	22.	Genf
1803	Oct.	10.	atlant. Ocean
1803	Nov.	6. oder 13.	England
1803	Nov.	16.	Genf
1803	Dec.	13.	Jekaterinenburg
1803	„	16.	Schwarzenberg
1804	März	17.	Berlin +
1804	April	15.	Genf
1804	Juli	29.	Frankfurt a./O.
1804	Aug.	19.	Oldenburg
1804	Sept.	10. oder 12.	Mitteldeutschland
1804	Dec.	2.	Finnland +
1805	Febr.	1.	Sachsen +
1805	„	1.	Frankfurt a/O. mit der vorigen nicht identisch
1805	Juni	2.	Berlin
1805	Juli	21.	London
1805	Nov.	17.	Berlin
1805	„	21.	Bern
1806	Febr.	11.	Stockholm
1806	Juli	17.	England
1806	Sept.	23.	Weimar

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1806	Sept.	28.	Lindau
1806	Dec.	22.	England
1807	März	6.	Genf und Glasgow
1807	Aug.	9.	Nürnberg
1807	Dec.	14.	Weston + capra saltans
1808	Mai	21.	Kirchenstaat +
1808	„	29.	Cap Spartel
1808	Juni	4.	Dessau
1808	Juli	29.	England
1808	Aug.	15.	Wien
1808	Nov.	11.	England
1808	Dec.	29.	Bern
1809	Juli	29.	Neumark +
1809	Aug.	28.	Parma +
1809	Oct.	12.	London
1809	Nov.	29.	München
1810	Januar	3.	Schweiz
1810	April	20.	Neugranada +
1810	Nov.	23.	Frankreich +
1810	Dec.	30.	Grönland
1811	Febr.	18.	Olmütz
1811	Mai	15.	Frankreich
1812	Januar	28.	Schweiz
1812	„	30.	Kentucky +
1812	April	10.	Perigueux +
1812	„	13.	bei Segovia
1812	„	15.	Dessau +
1812	Aug.	23.	Utrecht
1812	Nov.	15.	Deutschland
1812	Dec.	26.	„
1813	Januar	27.	Brünn
1813	März	21.	New-Haven
1813	Sept.	2.	Bern
1813	„	23.	Zürich
1813	Nov.	8.	England
1814	Januar	27.	Augsburg, Zürich +
1814	April	19.	Deutschland
1814	Juli	29.	Genfersee +
1814	Aug.	3.	Frankreich
1814	„	13.	Massachusetts
1814	Sept.	8.	Augsburg
1814	Oct.	18.	Deutschland
1814	Nov.	9.	Moskau
1814	Dec.	2.	London
1815	April	14.	Malakka
1815	„	30.	Florenz
1815	Mai	10.	England
1815	Sept.	16.	Mitteldeutschland
1815	„	29.	London
1816	Januar	8. oder 9.	Pesth
1816	März	23.	England +
1816	Aug.	7.	Ungarn +
1816	„	13.	Schottland
1816	Oct.	19.	Düsseldorf
1816	Dec.	11.	Augsburg
1816	Dec.	14.	Erlach
1816	„	20.	Pesth
1816	„	21.	„
1817	Januar	21.	Bern
1817	März	2.	Fühnen +
1817	„	18.	Frankreich +
1817	April	10.	Böhmen +
1817	„	17.	Westdeutschland
1817	Sept.	8.	England
1817	Oct.	17.	Aachen
1817	Nov.	19.	Rochelle
1817	Dec.	8.	England
1818	Januar	28.	Schottland
1818	Febr.	6.	England +
1818	„	15.	Frankreich +
1818	März	2.	grosser Ocean
1818	Juli	17.	Nordamerika +
1818	Aug.	5.	England
1818	Sept.	6.	Departement Oise +
1818	„	14.	England
1818	Oct.	31.	Banat
1818	Nov.	13.	England
1818	„	17.	„
1818	Dec.	18.	Halle
1818	„	21.	Fühnen
1819	Febr.	2. oder 3.	Sussex
1819	März	26.	Bern
1819	Mai	5.	Schottland +
1819	Juni	5.	England
1819	Juli	24.	Staat Ohio
1819	Aug.	6.	Mähren
1819	„	13.	Amherst in Massachusetts (Vereinigte Staaten)
1819	„	20.	Rottweil (mit der Feuerkugel fiel eine schmierige, übelriechende Masse)
1819	Oct.	1.	England
1819	„	12.	Gera
1819	„	13.	Haiti
1819	„	24.	Westeuropa
1819	Nov.	14.	Böhmen
1819	„	21.	Vereinigte Staaten
1820	April	18.	Augsburg
1820	Mai	10.	Koblenz
1820	Juni	30.	Dünaburg +
1820	Juli	8.	München
1820	„	30.	Brünn
1820	Oct.	12.	Kirghisensteppe
1820	Nov.	12.	Russland
1820	„	29.	Neapel +
1820	Dec.	5.	„
1820	„	9.	Mongolei +
1820	„	30.	Zante
1821	Febr.	12.	Breslau
1821	März	23.	Augsburg

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1821	April	28.	Leipzig
1821	Mai	16.	München
1821	Juni	15.	Juvenas +
1821	Aug.	20.	St. Thomas
1821	„	30.	Dresden
1821	Sept.	7. oder 8.	Böhmen
1821	Oct.	7.	Sachsen
1821	„	30.	Marienwerder
1821	Nov.	30.	Delitzsch
1821	Dec.	1.	Leipzig
1821	„	2.	Mitteldeutschland
1821	„	2.	England, mit der vorigen nicht identisch
1821	„	3.	Weimar
1821	„	4.	Görlitz
1821	„	11.	England
1821	„	18.	Neapel
1821	„	24.	Deutschland
1821	„	25.	Oberlausitz
1821	„	26.	Weimar
1822	Januar	11.	Gumbinnen +
1822	„	14.	Hannover +
1822	„	25.	Preussen
1822	Febr.	6.	Mähren
1822	„	7.	Bayern +
1822	„	9.	Mähren
1822	März	1.	Brünn
1822	„	16.	Richmond +
1822	„	31.	Leipzig
1822	April	9.	Halberstadt
1822	„	9.	Avignon, mit voriger nicht identisch
1822	Juni	9.	Westeuropa
1822	„	9.	Mähren, mit voriger nicht identisch
1822	„	13.	Christiania
1822	„	17.	Leipzig und Danzig
1822	„	19.	Hamburg
1822	Juli	28.	Brünn
1822	Aug.	6.	Frankreich, England
1822	„	7.	Mähren
1822	„	11.	Westdeutschland
1822	„	23.	Posen
1822	Sept.	1.	Martinique +
1822	Oct.	13	Orenburg
1822	„	27.	Berleburg
1822	„	28.	England
1822	Nov.	11.	Sachsen
1822	„	11.	Zschopau, mit voriger nicht identisch
1822	„	12.	Brandenburg
1822	„	15.	Apenrade
1822	„	30.	Hindustan
1822	Dec.	21.	Mähren
1823	Januar	11.	Augsburg

n. Chr.			
1823	Januar	24.	England
1823	April	2.	Mannheim
1823	„	6.	Brandenburg
1823	„	9.	„
1823	Mai	2.	Northumberland
1823	„	20.	Ragusa
1823	„	23.	Kopenhagen
1823	„	23.	Altenburg, mit voriger nicht identisch
1823	Juli	30.	Leipzig
1823	Aug.	9.	Würtemberg
1823	„	12.	Tübingen
1823	„	19.	München
1823	Oct.	3.	Königsberg
1823	Dec.	6.	Westdeutschland
1824	Febr.	3.	Schlesien
1824	„	6.	Arenazzo +
1824	März	1.	Berlin
1824	April	17.	Agrîl
1824	Juni	9.	Sachsen
1824	Aug.	11.	Toskana und Alpen
1824	Sept.	13.	Petersburg
1824	Nov.	13.	Mainz
1824	„	16.	Bonn
1824	„	27.	Böhmen
1824	„	27.	Erlangen, mit voriger nicht identisch
1824	Dec.	10.	Le Mans
1824	„	15.	Magdeburg +
1824	„	17.	Böhmen +
1825	Januar	2.	Italien
1825	„	16.	Bengalen
1825	„	17.	Bromberg
1825	„	24.	Königsberg
1825	Febr.	3.	Nürnberg
1825	„	4.	Kassel
1825	„	7.	„
1825	Juli	28.	Frankfurt
1825	Aug.	3.	Oesterreich
1825	„	22.	Utrecht
1825	Sept.	20.	Mitteldeutschland
1825	„	24.	Leipzig
1825	Oct.	17.	Prag +
1825	„	19.	Berlin
1825	„	22.	Höxter
1825	Nov.	3.	Calcutta
1825	„	4.	Halle
1825	„	5.	„
1825	„	9.	Böhmen
1825	„	14.	Leith
1825	„	22.	Calcutta
1825	Dec.	1.	Berlin
1825	„	5.	„
1825	„	10.	Halle
1825	„	18.	Frankfurt a/M.
1826	Febr.	14.	Spanien

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1826	April	14.	England
1826	Juli	21.	Heidelberg
1826	„	29.	Spanien
1826	Aug.	3.	Leipzig
1826	„	8.	Odensee
1826	„	11.	Halle
1826	„	18.	England
1826	„	27.	„
1826	Sept.	4.	Halle
1826	„	6.	„
1826	„	13.	Bordeaux
1826	Nov.	6.	Teneriffa
1826	Dec.	31.	im Lippeschen
1827	März	1.	Lavaux
1827	Mai	21.	Greenwich
1827	„	22.	Sommer County +
1827	Sept.	7.	Estremadura
1827	„	22.	Aschaffenburg
1827	Oct.	7.	Zürich
1827	„	28.	„
1828	Januar	18.	Gotha
1828	Febr.	11.	New-York
1828	Juli	30.	Auffenau
1828	Nov.	11.	Jhère-Departement
1829	Aug.	26.	Parma
1829	Sept.	26.	Bremen
1829	Oct.	3.	Zürich
1829	„	23.	Krakau
1829	Nov.	19.	Prag
1830	Januar	16.	Paris
1830	Febr.	15.	England
1830	März	14.	Freiberg
1830	Dec.	12.	Eichsfeld (viele Feuerkug.)
1831	Januar	1.	Finnland +
1831	„	12.	Breslau
1831	„	28.	Gotha
1831	Mai	13.	Voullé +
1831	Aug.	10.	?
1831	Oct.	19.	Marbach
1831	Nov.	13.	Süddeutschland
1831	„	26.	im Arensberg'schen
1831	„	29.	Hildburghausen
1831	Dec.	8.	England
1832	Januar	2.	Berlin u. Bordeaux +
1832	„	23.	Zürich
1832	Febr.	7.	Lauenburg
1832	März	15.	Berlin
1832	Mai	20.	Bengalen
1832	„	31.	Riga
1832	Juni	29.	Brest
1832	Juli	24.	Merut in Indien
1832	Oct.	6.	Berlin
1832	„	13.	Ulm
1832	„	24.	Grünewald +
1832	Nov.	13.	Köln
1832	„	18.	Agra in Indien
1832	Nov.	19.	England
1832	Dec.	30.	Bonn
1833	März	18.	Madras
1833	April	19.	Nürnberg
1833	Mai	20.	Chichester
1833	Aug.	10.	„
1833	Oct.	2.	Hildburghausen
1833	Nov.	20.	Pressburg
1833	Dec.	11.	Augsburg
1834	Jan.	30.	England
1834	Febr.	4.	Schlesien
1834	März	10.	„
1834	Mai	15.	„
1834	Juni	7.	Philadelphia
1834	„	12.	Indien
1834	Aug.	10.	Brüssel
1834	Oct.	2.	Köln
1834	Nov.	4.	München
1835	Jan.	13.	Berlin
1835	„	18.	Löbau +
1835	„	23.	Neu-Granada +
1835	Febr.	6.	Parma
1835	März	22.	Troitzkosaffsk
1835	Mai	16.	Weimar
1835	Juni	13.	Königsberg
1835	Juli	17.	Italien +
1835	„	18.	Aarhuus +
1835	Sept.	6.	Gotha
1835	Nov.	13.	Departement Ain +
1835	„	17.	St. Louis
1835	Dec.	13.	Brandenburg
1836	Januar	12.	Cherbourg
1836	„	23.	München
1836	Febr.	8.	Piemont
1836	Juni	10.	Departement Loire
1836	Aug.	20.	Illinois +
1836	Oct.	18.	Breslau
1836	Nov.	11.	Brasilien
1836	„	13.	Mezel
1836	„	14.	Berlin
1836	Dec.	8.	Oberengadin
1837	Januar	5.	Basel +
1837	„	22.	Schweiz
1837	„	24.	München
1837	„	25.	Augsburg
1837	März	28.	Frankfurt
1837	Mai	5.	Massachusetts +
1837	Juli	9.	Bern
1837	Aug.	3.	Zürich
1837	„	5.	Rochester
1837	„	29.	Oberschlesien
1837	Sept.	21.	Paris
1837	Nov.	1.	Mailand
1837	Dec.	14.	Connecticut
1837	„	30.	bei Trebnitz
1838	Januar	2.	Breslau

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1838	März	17.	England
1838	„	18.	New-York, Canada
1838	Aug.	10.	Zürich
1838	Sept.	27.	„
1838	Oct.	13.	Capland +
1838	Nov.	13.	Cherbourg
1838	„	16	Condé sur noir
1839	Januar	6.	Mailand
1839	„	12.	Parma
1839	Febr.	6.	„
1839	„	13.	Missouri +
1839	Mai	7.	Parma
1839	Juni	6.	Genf
1839	Juli	6.	Parma
1839	„	11.	Plaisance
1839	Aug.	7.	44^0 n. Br. 40 bis 44^0 w. L.
1839	„	26.	Küste von Albanien
1839	Sept.	3.	Parma
1839	„	10.	Gent
1839	„	13.	Parma
1839	Oct.	6.	Plaisance
1839	Nov.	1.	Russland
1839	„	3.	Insel Antigua
1839	„	6.	Parma
1839	„	8.	Prag
1839	„	10.	Parma
1839	„	29.	Italien
1839	Dec.	18.	Breslau
1840	Januar	8.	Apenrade +
1840	Febr.	6.	Brüssel
1840	„	8.	Kopenhagen
1840	„	17.	Bern
1840	März	17.	Canada
1840	April	28.	Parma
1840	Mai	13.	Connecticut
1840	„	23.	Parma
1840	„	31.	„
1840	Juni	3.	Weinfelden
1840	Juli	17.	Piemont
1840	„	26.	Paris
1840	Aug.	2.	Frankreich
1840	„	7.	Neapel
1840	„	13.	Peru
1840	„	16.	Toronto
1840	Oct.	29.	Brüssel
1840	Nov.	2.	Evreux
1840	Dec.	4.	Zürich
1840	„	25.	Mähren
1840	„	27.	Mitau
1840	„	29.	Nischne-Tagilsk
1841	Febr.	9.	Paris
1841	„	25.	Parma
1841	„	27.	„
1841	„	27.	Guastalla, mit voriger nicht identisch
1841	März	8.	Guastalla +
1841	März	15.	New-Haven
1841	„	21.	St. Menehould
1841	„	22.	Parma
1841	„	24.	Genf
1841	„	30.	„
1841	Mai	13.	Brügge
1841	„	13.	Brüssel, mit voriger nicht identisch
1841	„	16.	Montargis
1841	„	24.	Neapel
1841	Juni	9.	Frankreich
1841	„	12.	„
1841	„	13.	„
1841	„	14.	„
1841	Juli	4.	Parma
1841	„	20.	Genf
1841	Aug.	2.	Waadt
1841	„	9.	Toronto
1841	„	10.	Ungarn
1841	„	15.	Paris
1841	„	18.	„
1841	„	20.	Corfu
1841	Sept.	8.	Paris
1841	„	9.	„
1841	„	20.	Genf
1841	„	28.	Paris
1841	„	29.	Bayonne
1841	Oct.	8.	Dijon
1841	Nov.	5.	Vendée
1841	„	6.	Parma
1841	„	8.	„
1841	„	10.	Nord-Amerika
1841	„	15.	Langensalza +
1841	Dec.	5.	Schlesien
1841	„	16.	Oels
1841	„	21.	Glasgow
1841	„	29.	Frankreich
1842	Febr.	7.	Aargau
1842	„	9.	Frankreich
1842	„	19.	Schweiz
1842	„	20.	Würtemberg
1842	März	18.	Parma
1842	April	3.	Zürich
1842	„	11.	Charka in Indien
1842	Juni	3.	Frankreich +
1842	„	12.	Toulon +
1842	Juli	11.	Paris
1842	Aug.	5.	Breslau
1842	„	9.	Hamburg
1842	„	12.	Isère-Departement
1842	Sept.	30.	Parma
1842	Oct.	4.	Cambridge (England)
1842	„	18.	Hamburg
1842	„	23.	Schlesien +
1842	Nov.	18.	Montierender (Frankreich)
1842	Dec.	5.	Epinal +

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1843	Januar	2.	Brügge
1843	Febr.	1.	Schlesien
1843	„	5.	Nottingham
1843	März	20.	Hamburg
1843	April	14.	Clermont
1843	Mai	4.	Frankreich
1843	Juni	2.	Utrecht
1843	„	21.	Parma
1843	„	22.	Utrecht
1843	Aug.	7.	Westfalen +
1843	Sept.	16.	Klein Wenden +
1843	„	17.	Hamburg
1843	„	22.	„
1843	Oct.	2.	Frankreich
1843	Nov.	18.	Nottingham
1843	Dec.	11.	Commercy
1843	„	21.	Schweiz +
1844	Januar	20.	Neapel
1844	„	25.	„
1844	Febr.	8.	Parma
1844	„	12.	Gouvernement Wologda
1844	„	18.	Parma
1844	„	20.	Hannover +
1844	April	3.	Neapel
1844	„	11.	Edinburg
1844	Mai	11.	Hamburg
1844	Juni	12.	Mailand
1844	Juli	10.	Hamburg
1844	„	10.	Paris + 2 Meteore
1844	„	20.	Brüssel, Nürnberg +
1844	„	24.	„
1844	„	27.	Brügge
1844	„	31.	Parma
1844	Aug.	5.	Hamburg
1844	„	8.	Küste der Bretagne
1844	„	16.	Hessen
1844	Sept.	5.	Schlesien
1844	„	10.	Departement Bas-Rhin
1844	„	20.	Belgien
1844	„	24.	Neapel
1844	„	30.	Lombardei
1844	Oct.	8.	la Puy
1844	„	10.	Bonn
1844	„	27.	Frankreich
1844	Nov.	2.	Bombay
1844	„	4.	„
1844	„	17. bis 21.	„
1844	„	20.	Frankreich +
1844	„	20.	„ mit voriger nicht identisch
1844	Dec.	8.	Paris
1844	„	12.	bei Limaux
1845	Januar	16.	Cette
1845	„	20.	Grüneberg
1845	„	27.	Hamburg

n. Chr.			
1845	Januar	31.	Nottingham
1845	Febr.	17.	Paris
1845	März	10.	Hamburg
1845	„	29.	London
1845	April	24.	Greenwich
1845	Mai	1.	Dijon
1845	Juni	13.	Villeneuve, St. Georges
1845	„	18.	Ainab
1845	„	28.	Groiland
1845	Juli	16.	Belgien
1845	„	29.	Madras
1845	Aug.	9.	Bilk
1845	„	10.	Madras
1845	„	31.	Grenelle
1845	Sept.	1.	Fayetteville
1845	„	6.	Rheinland
1845	„	7.	Calcutta
1845	Oct.	24.	Bonn
1845	„	31.	Mailand
1845	Nov.	2.	„
1845	„	4.	Bombay
1845	„	6.	„
1845	„	12.	Hamburg
1845	„	14.	Bombay
1845	„	17.	Paris
1845	„	20.	Cramaux
1845	Dec.	3.	Mentz +
1846	Januar	16.	Pierre. Die Feuerkugel entzündete einen Holzschuppen
1846	Febr.	10.	Canaman
1846	„	11.	Nottingham
1846	„	12.	Paris
1846	„	21.	Collioure. 2 Feuerkugeln nebeneinander ziehend
1846	März	1.	Toulouse
1846	„	10.	Bonn
1846	„	19.	Capland
1846	„	21.	Dep. Haute-Garonne
1846	„	22.	bei Baguère de Luchon. Das Meteor entzündete eine Scheune
1846	„	25.	Toulouse
1846	„	31.	Oberschlesien
1846	Mai	1.	Paris
1846	„	24.	Toulouse
1846	„	29.	Nottingham
1846	Juni	3.	Moreton-Bay +
1846	„	12.	Paris
1846	„	19.	Rheinlande
1846	„	20.	Marieux bei Autun
1846	„	21.	Thury
1846	Juli	23.	Toulouse
1846	„	31.	Altona
1846	Aug.	1.	Bamberg
1846	„	10.	Irland

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1846	Aug.	17.	Dijon
1846	„	24.	St. Aprié
1846	„	25.	Nottingham
1846	„	26.	„
1846	Sept.	9.	Cambridge
1846	„	13.	Paris
1846	„	15.	Wrenbury
1846	„	25.	Oxford
1846	Oct.	9.	Paris
1846	„	10.	Ferty-sous-Juarre
1846	„	13.	Prausnitz
1846	„	17.	Dijon und Frankfurt
1846	„	24.	Schlesien
1846	Nov.	9.	Dijon, Paris
1846	„	11.	England
1846	„	15.	Hamburg
1846	„	18.	Breslau
1846	„	19.	Dijon
1846	„	22.	Berlin
1846	„	23.	„
1846	„	25.	Schönenberg
1846	„	28.	Bonn
1846	Dec.	1.	Grottkau, Wensen
1846	„	7.	Orgelot im Jura
1846	„	7.	Bombay
1846	„	21.	Parma
1847	Januar	6.	Gumbinnen
1847	„	10.	Zopten, Wien
1847	Febr.	11.	Versailles
1847	„	21.	Bonn
1847	„	25.	Jowa
1847	März	28.	Bonn
1847	April	11.	Algier
1847	Mai	9.	Bonn
1847	„	10.	„
1847	„	15.	Freiberg
1847	„	26.	bei Oxford
1847	Juni	13.	Paris
1847	„	19.	Parma
1847	Juli	14.	Braunau
1847	Aug.	9.	Brüssel
1847	„	10.	Paris, 2 Feuerkugeln
1847	„	14.	Bonn
1847	„	15.	Teufen
1847	„	17.	Frankreich
1847	„	19.	„
1847	„	26.	Bonn
1847	Sept.	7.	Paona in Indien
1847	Oct.	11.	Brügge, 2 Feuerkugeln
1847	„	17.	Wrenbury
1847	„	18.	Paris
1847	„	24.	bei Durham
1847	„	29.	Bonn
1847	„	30.	Bombay
1847	Nov.	7.	bei Trebnitz
1847	„	8.	Bonn
1847	Nov.	17.	Nottingham
1847	„	19.	Paris
1847	„	20.	England
1847	„	23.	„
1847	„	26.	Oels
1847	„	29.	Bonn
1847	Dec.	8.	Brüssel
1847	„	12.	Nottingham
1847	„	13.	Breslau
1847	„	16.	Frankreich
1848	Januar	2.	Bonn
1848	„	11.	Parma
1848	„	12.	„
1848	„	19.	Sagan
1848	„	20.	New-York
1848	„	20.	Rom
1848	„	21.	Aachen, Parma
1848	„	27.	Buckingham
1848	Febr.	2.	Wrenbury
1848	„	7.	Nottingham
1848	„	22.	Frankreich
1848	März	8.	England
1848	„	9.	bei Oxford
1848	„	12.	Breslau
1848	„	19.	Oderberg
1848	April	6.	Oxford
1848	„	12.	„
1848	„	15.	Whitesville
1848	„	18.	England
1848	„	30.	London
1848	Mai	7.	Bonn
1848	„	10.	Woodstock
1848	„	19.	Schlesien
1848	„	19.	Castine in Nord-Amerika
1848	„	24.	Aachen
1848	Juli	12.	Nottingham
1848	„	13.	Stone Easton
1848	„	15.	Nottingham
1848	„	18.	Bonn
1848	„	23.	„
1848	„	29.	Berkshire
1848	„	29.	Aachen, Bonn
1848	Aug.	2.	Paris
1848	„	21.	Nottingham
1848	„	28.	Aachen
1848	„	29.	Paris
1848	Sept.	1.	Saffres
1848	„	4.	Wolverhampton
1848	„	7.	Paona in Indien
1848	„	8.	Pisa
1848	„	24.	Nottingham
1848	„	28.	Parma
1848	Oct.	5.	Nottingham
1848	„	18.	„
1848	„	27.	Oxford

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1848	Oct.	27.	Nottingham, mit voriger nicht identisch
1848	„	29.	Bombay
1848	Nov.	1.	„
1848	„	5.	„
1848	„	15.	Aachen
1848	„	16.	Bombay
1848	„	17.	Oxford
1848	„	21.	„
1848	„	27.	Paris
1848	„	29.	Grantham
1848	Dec.	2.	Kremsmünster
1848	„	10.	Leipzig
1848	„	11.	Aachen
1848	„	27.	Krogstad
1849	Jan.	9.	Edinburg
1849	„	28.	Bath
1849	Febr.	10.	Nottingham
1849	„	19.	Bombay
1849	„	24.	Madras
1849	„	28.	Oxford
1849	März	6.	London +
1849	„	19.	Ostindien, wahrscheinlich zwei verschiedene Feuerkugeln
1849	„	23.	Bombay
1849	„	26.	Cochin +
1849	April	4.	Delhi
1849	„	10.	Asenednuggur
1849	„	13.	Nottingham
1849	„	19.	Bombay
1849	„	30.	Paona
1849	„	30.	Lüttich
1849	Mai	2.	Bombay
1849	„	6.	Kurrachee (Indien)
1849	„	8.	Nottingham
1849	„	26.	Bonn
1849	„	31.	Boberstein
1849	Juni	16.	Paris +
1849	„	17.	Cambridge (Nord.-Am.)
1849	„	25.	Kurrachee +
1849	„	27.	Nottingham
1849	„	30.	„
1849	Juli	10.	„
1849	„	23.	Oxford
1849	„	27.	Porebunder (Indien)
1849	Aug.	3.	Nottingham
1849	„	6.	bei Oxford
1849	„	11.	Saarbrück
1849	„	16.	Leobschütz +
1849	„	25.	Chesterfield
1849	Sept.	3.	Belton
1849	Oct.	20.	Hartwell +
1849	„	28.	Leipzig
1849	„	31.	Nord-Carolina
1849	Nov.	2.	Flintshire, Nottingham

n. Chr.			
1849	Nov.	5.	Chester
1849	„	7.	Bombay +
1849	„	8.	„
1849	„	9.	Asseerghur in Indien +
1849	„	12.	Köln
1849	„	13.	Breslau
1849	„	19.	Bonn
1849	Dec.	4.	Nottingham
1849	„	12.	Camp Bohnal in Indien
1849	„	19.	Nottingham
1849	„	21.	New-Haven
1849	„	23.	Nottingham
1849	„	23.	in Leicestershire
1849	„	30.	Hartwell
1850	Jan.	8.	Bonn
1850	„	30.	Cherbourg
1850	Febr.	3.	Hartwell
1850	„	5.	Sandwich in Kent
1850	„	10.	über dem indischen Meere
1850	„	11.	Derby +
1850	„	13.	Bonn
1850	„	22.	Mittel-Europa
1850	„	23.	Bonn
1850	„	26.	bei Nottingham
1850	März	6.	Surat in Ostindien
1850	„	7.	Nottingham
1850	März	17.	Aylesbury
1850	April	1.	Aden +
1850	„	6.	Ittendorf
1850	„	18.	Dessau
1850	„	21.	Breslau +
1850	Mai	2.	bei Bombay
1850	„	21.	Bonn +
1850	Juni	1.	Nottingham
1850	„	5.	Caen, Bonn
1850	„	6.	Dijon
1850	„	7.	Herrenberg
1850	„	10.	Kishnaghur (Indien)
1850	„	16.	New-Haven
1850	„	22.	Spanien
1850	„	24.	Aigle
1850	Juli	1.	Bombay
1850	„	4.	Nottingham
1850	„	5.	Grantham
1850	„	6.	Südfrankreich
1850	„	8.	Toulouse
1850	„	15.	Paris
1850	„	23.	Leipzig
1850	Aug.	4.	Radeberg
1850	„	5.	Marburg
1850	„	10.	Cöln, Paris, England
1850	„	11.	Radeberg
1850	„	12.	Paris
1850	„	13.	England
1850	„	14.	Nottingham
1850	„	16.	Marburg

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1850	Aug.	22.	Nottingham
1850	Sept.	4.	Grantham
1850	„	7.	Toulouse
1850	„	19.	Neunkirchen
1850	„	21.	Darlington
1850	„	30.	Nordamerika
1850	Oct.	6.	Aachen
1850	„	9.	Hereford
1850	„	13.	Toronto
1850	„	24.	Bonn
1850	Nov.	6.	bei Bombay
1850	„	13.	Oxford
1850	„	14.	Bone Ghaut in Ostindien
1850	„	15.	Berlin
1850	„	23.	Highfield House
1850	„	24.	Breslau
1850	„	28.	England
1850	„	29.	Oxford
1850	Dec.	5.	Nottingham
1850	„	8.	Shorapore
1850	„	9.	Yorkshire
1850	„	11.	Senftenberg
1850	„	24.	Frankreich
1851	Jan.	11.	Aachen
1851	„	14.	Senftenberg
1851	„	22.	Aachen
1851	Febr.	18.	Paris
1851	„	22.	Neunkirchen
1851	April	17.	Gütersloh
1851	„	18.	Elberfeld
1851	„	19.	Aachen
1851	Mai	18.	Freiberg
1851	Juli	6.	Paris. Stillstand
1851	Aug.	10.	Frankfurt
1851	„	21.	Cherbourg
1851	Sept.	24.	Aachen
1851	„	26.	„
1851	Nov.	3.	Verden
1851	„	18.	Cherbourg
1851	„	20.	Krakau
1852	Jan.	3.	„
1852	„	4.	„
1852	„	19.	Leipzig
1852	April	2.	Toulouse
1852	„	12.	Bern
1852	Mai	11.	Dieppe, Fulda
1852	Juni	12.	Pegu
1852	Juli	5.	Holland
1852	„	6.	„
1852	„	23.	„
1852	Aug.	12.	England, Deutschland +
1852	Sept.	4.	Mezö-Madaras +
1852	„	28.	Breslau
1852	Oct.	5.	Paris +
1852	Nov.	24.	„ +
1852	Dec.	9.	Krakau
1852	Dec.	11.	Krakau
1852	„	13.	Leipzig
1852	„	28.	Paris +
1853	Jan.	16.	Kremsmünster
1853	„	29.	Erlangen
1853	Febr.	4.	Krakau
1853	Juni	14.	Münster
1853	Aug.	11.	Paris +
1853	Oct.	25.	Münster
1853	Dec.	21.	Olmütz
1854	Jan.	1.	Hermannstadt
1854	„	2.	Königsberg
1854	„	21.	Neunkirchen
1854	März	1.	Schweiz
1854	„	3.	Münster
1854	„	8.	Zurzach
1854	„	12.	Linz
1854	„	19.	Eschweiler
1854	April	1.	Senftenberg
1854	„	4.	Krakau
1854	„	8.	Kremsmünster
1854	„	13.	Leipzig
1854	„	14.	Bamberg
1854	Mai	15.	Krakau
1854	„	18.	Leutschau
1854	Juli	2.	Krakau
1854	„	14.	Senftenberg
1854	Sept.	2.	Kahlenberg
1854	„	5.	„
1854	„	6.	„
1854	Oct.	3.	Ademont
1854	Nov.	11.	Münster
1854	„	16.	Heppens
1854	Dec.	8.	Wien
1854	„	9.	Schüttenhafen
1854	„	24.	Wien
1855	Jan.	15.	„
1855	„	23.	Bautzen
1855	„	29.	Malmö
1855	April	11.	Kronstadt
1855	„	16.	Zara
1855	„	25.	Lützenkirchen
1855	Mai	7.	Parma
1855	„	24.	Civita Vecchia
1855	Juli	11.	Parma
1855	Sept.	8.	Rom
1855	„	22.	Wien
1855	Oct.	1.	Kahlenberg
1855	„	14.	Hermannstadt
1855	„	16.	Wallersdorf
1855	„	25.	Senftenberg
1855	Nov.	8.	Neunkirchen
1855	Dec.	8.	St. Magdalena
1855	„	27.	Zürich
1855	„	28.	Gera

Der Uebergang von den Feuerkugeln zu den Sternschnuppen ist ein allmählicher, so dass sich in Bezug auf die Totalität der äussern Erscheinung kein Unterschied zwischen beiden feststellen lässt. Während von den grössten Feuermeteoren, die durch ihr Licht alles taghell erleuchten und mit donnerndem Knalle zerspringen, bis herab zu den kleinen Meteoren dieser Art, welche an Helligkeit der Venus gleichkommen und einen strichartigen, phosphorischen Schweif besitzen, eine grosse Menge von Zwischengliedern existiren: so auch von dieser Grenze aus bis zu den kleinsten Sternschnuppen, die sich, schwach leuchtend und mit langsamer Bewegung begabt, bisweilen nur dem bewaffneten Auge zeigen, oder als dunkler Punkt vor dem hellern Himmelsgrunde sichtbar werden, wie letzteres Heis mehrfach beobachtet hat.

Sternschnuppen erscheinen zu allen Zeiten des Jahres ungleich zahlreicher als die Feuerkugeln, es gibt keine Nacht, in welcher dergleichen nicht sichtbar wären.

Unterscheidet man zwischen sporadischen und periodischen Sternschnuppen, so hat man für die erstgenannten nach Julius Schmidt's früheren Untersuchungen, im jährlichen Mittel die stündliche Zahl von 4 bis 5 für einen Beobachter. Herrick in New-Haven gibt 7 bis 8 an, Coulvier-Gravier 6 für dieselbe Dauer. Letztgenannter und Saigey geben folgende Tabelle der stündlichen Mittelzahl sporadischer Sternschnuppen für die verschiedenen Monate.

Januar	3,6	Juli	7,0
Februar	3,6	August	8,2
März	2,7	September	6,8
April	3,7	October	9,1
Mai	3,8	November	9,5
Juni	3,2	December	7,2

Diese Zahlen beziehen sich sämmtlich auf die Mitternachtstunde, weil sich, wie Coulvier-Gravier nachgewiesen, die stündliche Häufigkeit der Sternschnuppen im Verlaufe der Nacht ändert. Derselbe Beobachter machte die Bemerkung, dass nach Mitternacht durchschnittlich das Maximum eintrete, und zwar für alle Orte, so dass eine Wirkung der Längendifferenz nicht hervortrete. Dieses heute nicht mehr zweifelhafte Factum hat den französischen Beobachter später nach und nach zu der Ansicht verleitet, in den Sternschnuppen Producte unserer Atmosphäre zu erblicken, eine Meinung, die, wie Schmidt treffend bemerkt, durch unsere Kenntniss der perspectivischen Divergenzpunkte und der planetarischen Geschwindigkeit der Sternschnuppen hinreichend widerlegt wird.

Coulvier-Gravier gibt folgende Zahlen für die mittlere stündliche Zahl der Meteore:

Von 5	bis 6	Uhr	7,2	Sternschn.
„ 6	„ 7	„	6,5	„
„ 7	„ 8	„	7,0	„
„ 8	„ 9	„	6,3	„
„ 9	„ 10	„	7,9	„
„ 10	„ 11	„	8,0	„
„ 11	„ 12	„	9,5	„
Von 12	bis 13	Uhr	10,7	Sternschn.
„ 13	„ 14	„	13,1	„
„ 14	„ 15	„	16,8	„
„ 15	„ 16	„	15,6	„
„ 16	„ 17	„	13,8	„
„ 17	„ 18	„	13,7	„
„ 18	„ 19	„	13,0	„

Ungleich umfassendere Untersuchungen über diesen Gegenstand hat Schmidt in Athen angestellt. Die nachstehende Zusammenstellung seiner Resultate verdanke ich der Freundlichkeit dieses überaus thätigen Beobachters. Die Zahlen gelten für einen Beobachter bei klarer, mondloser Luft.

Tafel der stündlichen Häufigkeit der Meteore (hauptsächlich nach Athener Beobachtungen).

Stunde:	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5
Januar	4,0	4 2	4,8	5,7	7,0	8.9	11,6	14,3	**16,0**	15,5	13,1	10,3
Februar	3,0	3,3	4,0	4,2	4,5	5,3	6,5	7,8	9,5	**10,3**	9,1	6,9
März	—	4,0	4,4	5,0	5.9	7,2	9,8	12,5	**13,8**	12,0	8,7	—
April	—	3,5	4,0	5,7	8,0	10,1	**11,1**	10,3	8,8	6.3	—	—
Mai	—	—	5,6	6,4	7,0	7,8	8,3	9,0	**9,1**	8,3	—	—
Juni	—	—	5,5	6,0	6,9	7,8	9,2	10,8	**11,5**	10,8	—	—
Juli 1 bis 20	—	—	5,0	6,3	8,7	10,7	12,5	13,9	15,0	**15,5**	14,8	—
„ 20 „ 31	—	—	6,1	10,2	14,7	19,0	23,7	27,0	**28,0**	24,8	19,7	—
August 1 „ 5	—	—	9,0	12,5	16,8	21,6	25,9	30,1	**32,0**	29,8	—	—
„ 6 „ 19	—	—	12,0	17,6	21,0	25,7	30.8	36,0	41,0	**43,3**	—	—
„ 10 „ 13	—	—	16,8	25.7	34,0	43,0	52,5	62,0	69.1	**71,6**	—	—
„ 14 „ 23	—	—	11,2	12,7	14,9	17,0	**18,3**	18,2	17,2	15,5	—	—
„ 24 „ 31	—	—	7,6	8,3	9,7	11,0	17,0	15,2	17,0	**17,3**	16,9	—
Sept. 1 „ 15	—	—	7,5	8,0	9,2	10,9	12,6	14.3	**15,0**	**15,0**	14,0	—
„ 16 „ 30	—	—	7,0	7,3	8,0	9,2	10,7	12.0	**12,2**	11,9	10,7	—
October 1 „ 19	—	7,1	7,9	8,8	10,0	12,3	15,7	17,7	23,8	26,8	**28,0**	25,5
„ 19 „ 31	6,2	7,6	9,5	11,0	13,4	17,0	22.0	28,2	35,0	**38,7**	36,0	29,4
Novbr. 1 „ 14	6,9	7,8	8,8	10,0	12,0	14.6	18,7	23,0	25,9	**26,2**	23,4	19,0
„ 14 „ 30	7,7	8,4	9,1	10,1	11,1	12,7	15,0	17,5	19,6	**20,5**	20,0	18,0
December . . .	5,5	7,0	9.0	11,9	14,9	17,4	14,6	21,0	**21,2**	20,0	17,4	14,0

Die Maxima sind durch fettere Zahlen hervorgehoben und man bemerkt sofort, dass sie durchschnittlich auf 3 Uhr Morgens fallen, übereinstimmend mit den Angaben von Coulvier-Gravier.

Die Erklärung dieser merkwürdigen Thatsache hat zuerst Schiaparelli in seinen bekannten Briefen an Peter Secchi gegeben, indem er nachwies, dass in Folge der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne mit Nothwendigkeit das Maximum der Häufigkeit der Sternschnuppen in den Morgenstunden gegen 6 Uhr eintreten muss. Die Zahlen für die mittlere stündliche Häufigkeit, welche der Mailänder Astronom auf theoretischem Wege unter der Annahme eines allgemeinen jährlichen Mittels von 10,65 Meteoren in der Stunde findet, stimmen sehr gut mit den Beobachtungsresultaten überein. Doch muss hervorgehoben werden, dass das wahre Maximum, selbst wenn man die Dämmerung mit in Anschlag bringt, noch immer mehr als zwei Stunden früher beobachtet wird wie die Rechnung nach Schiaparelli ergibt. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich ein Resultat der fortschreitenden Bewegung des ganzen Sonnensystems im Raume.

Im weitern Verlaufe seiner Untersuchungen fand Schiaparelli auf der Basis der Annahme einer gleichen Vertheilung der Sternschnuppen im Raume und der von Coulvier Gravier gegebenen Zahlen, das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten der Sternschnuppen und der Erde = 1,447, und zog hieraus den Schluss auf die parabolischen Bahnen der Meteore.

Durch Schiaparelli's Untersuchungen hauptsächlich hat die möglichst scharfe Bestimmung der Radiationspunkte der Sternschnuppen ein hohes Interesse erlangt.

Professor Heis in Münster hat seit 27 Jahren, theils selbst, theils in Gemeinschaft mit einer grossen Anzahl von Beobachtern, systematische Observationen der Sternschnuppen angestellt; die Discussion der Gesammtheit dieser Beobachtungen hat den genannten Gelehrten folgende Radiationspunkte zu den verschiedenen Zeiten des Jahres an der nördlichen Himmelskugel erkennen lassen:

		Rectascension	Declination			Rectascension	Declination
Januar	1. bis 15.	28°	+ 50°	März	16. bis 31.	176°	+ 16°
		145	51	April	1. bis 15.	84	45
		227	54			180	49
		290	84			185	22
Januar	16. bis 31.	30	61			260	86
		35	87	April	16. bis 30.	10	54
		169	45			58	66
		227	60			160	49
Februar	1. bis 14.	61	56			199	14
		171	56			275	83
		Nordpol				277	38
März	1. bis 15.	15	80	Mai	1. bis 31.	202	9
		50	49			232	27
		120	54			315	79
		181	6			325	55
März	16. bis 31.	150	47	Juni	1. bis 30.	158	83

	Recta-scension	Decli-nation		Recta-scension	Decli-nation
Juni 1. bis 30.	242°	+ 12°	September 16. bis 30:	1°	+ 11°
	292	15		44	63
	333	42		46	37
Juli 1. bis 14.	20	85		65	84
	41	62		311	65
	262	12	October 1. bis 15.	45	32
	315	54		51	61
Juli 16. bis 30.	51	55		105	88
	320	70		315	65
	Nordpol		November 1. bis 15.	15	62
				55	16
August 1. bis 14.	51	55		148	24
	297	68		279	56
	345	85	November 16. bis 30.	15	62
August 15. bis 30.	35	61		45	44
	295	79		Nordpol	
	306	59			
	314	15	December	21	54
September 1. bis 16.	35	63		112	39
	53	35		123	78
	130	84	December 18. bis 30.	37	59
	293	57		235	52
	343	10		340	84

Für die südliche Hemisphäre haben sich in den Beobachtungen des unermüdlichen Neumayer folgende Radiationspunkte gezeigt:

	Recta-scension	Decli-nation		Recta-scension	Decli-nation
Januar	105°	— 27°	Juli	354°	— 46°
	145	— 40		50	— 85
Februar	105	— 45	August	250	— 35
	174	— 52		337	— 10
März	125	— 38		325	— 38
	174	— 30	September . . .	346	— 3
	192	— 38		305	— 36
April	194	— 30		340	— 30
	280	— 38	October	10	— 35
	126	— 42		347	— 11
Mai	212	— 49		50	— 4
	248	— 46		307	— 47
Juni	253	— 37	November . . .	22	— 35
	269	— 11		90	— 34
	305	— 7	December . . .	85	— 37
Juli	284	— 40		115	— 38
Juli	258	— 20		148	— 34

Ich habe hier absichtlich derjenigen Radiationspunkte nicht gedacht, welche aus den Beobachtungen von Coulvier-Gravier abgeleitet worden sind, weil die Aufzeichnungsmethode dieses Beobachters, neben derjenigen des

Professor Heis, keineswegs genügende Sicherheit darbietet. Das einzige Mittel, zu einigermaassen verlässlichen Resultaten zu gelangen, besteht in der aufmerksamen Verfolgung der auftauchenden Meteore zwischen den Sternen hindurch und der unmittelbaren Einzeichnung der Bahn in bereit liegende, nach passender Projection entworfene Karten.

Die Farben der Sternschnuppen sind, wie bei den Feuerkugeln, sehr verschieden. Nach Schmidt waren von 5671 Sternschnuppen

75,8	Procent	weiss
15,9	„	gelb
5,7	„	roth
2,6	„	grün

Im Durchschnitt scheinen sich die meisten Sternschnuppen in Höhen von 10 bis 15 Meilen zu bewegen, einzelne steigen bis zu einer Meile gegen den Erdboden herab. Nach dem Vorgange von Heis, der in den Jahren 1851 und 1854 mit Vortheil den elektrischen Telegraphen zu correspondirenden Beobachtungen der Sternschnuppen verwandte, hat seit 1862 Secchi zwischen Rom und Civita Vecchia auf diesem Wege Parallaxenbestimmungen erhalten. Bei der $8^3/_4$ geographischen Meilen betragenden Entfernung der beiden Beobachtungsorte war die Parallaxe in der Nähe des Zeniths häufig gross genug, um das Meteor aus einem Sternbilde in das andere zu versetzen. Nahe dem Scheitelpunkte blieb die Parallaxe durchgängig nicht kleiner als 20 bis 30 Grad.

Das Erkennen einer periodischen Wiederkehr in der Erscheinung grosser Sternschnuppenschwärme datirt aus dem Anfang unsers Jahrhunderts. Freilich hatte schon 1762 Musschenbroek auf die Häufigkeit der Sternschnuppen im August hingewiesen, aber erst Thomas Forster und Quetelet haben die periodische Wiederkehr zahlreicher Meteore um den 10. bis 12. August herum mit Bestimmtheit erkannt. Der ungeheure Sternschnuppenfall in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833 leitete durch Analogie auf die Periodicität der Novembermeteore. Eifrige und von Erfolg gekrönte Nachforschungen in alten Annalen und Manuscripten haben gezeigt, dass die Wiederkehr dieser und anderer Ströme seit Jahrhunderten, so lange die Aufzeichnungen reichen, an bestimmte Epochen geknüpft ist. Es ist mitunter schwierig, aus den alten unvollkommenen Nachrichten zu erkennen, ob man mit einem Sternschnuppenphänomen oder einem Nordlicht zu thun hat. Ueberall da wo von „feurigen Lanzen“ die Rede ist, möchte ich eher an letztere Erscheinung denken.

Ich gebe in Folgendem ein Verzeichniss der historisch klar erwähnten Sternschnuppenfälle für die einzelnen Monate.

Januar.

1839 den 2. Zahlreiche Sternschnuppen zu Bossekop von Bravais beobachtet.

1839 „ 10. Gegen 5 Uhr Morgens in Solothurn viele Sternschnuppen.

1840 den 2. Zahlreiche Sternschnuppen in Belgien.
765 „ 8. „ „ „ China.
1665 „ 9. „ „ „ „ nach Boguslawski.
308 „ 20. „ „ „ „
1844 „ 26. „ „ (Boguslawski).

Februar.

814 Zahlreiche Sternschnuppen in China.
36 den 3. „ „ „ „
913 „ 8. Die Sterne flogen auf merkwürdige Weise (Chasles).
1106 „ 19. In Italien wurden einige Sternschnuppen am Tage gesehen.
1307 „ 24. Alter Styl. Sternschnuppen (nach Boguslawski's Verzeichniss).

März.

590 Sternschnuppen in grosser Anzahl (Boguslawski).
763 Die Sterne fielen so dicht wie Hagel (A. Perrey).
687 den 16. v. Chr. Sternschnuppenregen in China.
1811 „ 18. Zahlreiche Meteore in England von Th. Forster gesehen.
15 „ 25. v. Chr. Zahlreiche Meteore in China.
1839 „ 11. — 12. „ „ „ Solothurn gesehen.
1847 „ 11., 12., 18., 24., 25., 27. (Boguslawski).

April.

1093 Im Westen fielen Sterne vom Himmel (Chasles).
1008 den 1. Sternschnuppen in China.
401 „ 9. „ „ „
1093 und 94 den 10. Viele Sternschnuppen (Chasles und A. Perrey).
1095 den 10. — 12. Sterne wie Hagel zur Zeit des Concils zu Clermont.
1096 „ 10. Sterne wie Hagel (Chasles).
1122 und 23 den 11. Regen von Sternen (Chasles).
839 den 17. Grosse Erscheinung in China (Biot).
927 „ 17. „ „ „ „ „
934 „ 18. „ „ „ „ „
1838 „ 20. 154 Meteore in 7 Stunden zu Tennessee beobachtet.
1803 „ 22. Viele Sternschnuppen in Virginien und Massachusetts gesehen.

Mai.

824 Erscheinung in China.
839 den 13. Die Sterne fliegen Nachts nach allen Seiten (Chasles).
965 „ 18. Nach Boguslawski.
1706 „ 12. „ „

1782 den 15. Im Rheinthale Abends gegen 9 Uhr „raketenmässiges Schiessen der Sterne“ (Monatliche Nachrichten 1782).

Juni.

36	v. Chr.		Sternschnuppen in China.
1554	den 11.		„ (Boguslawski).
1777	„ 17.		„ „
1799	„ 15.	(20.)	„ „

Juli.

784	den 14.	Viele Meteore in China.
714	„ 19.	„ „ „ „
841	„ 25.	„ „ „ „
830	„ 26.	„ „ „ „
835	„ 26.	„ „ „ „
924	„ 26. — 28.	„ „ „ „
925	„ 27. — 28.	„ „ „ „
833	„ 27.	„ „ „ „
926	„ 27.	„ „ „ „
933	„ 25. — 30.	„ „ „ „
1293	„ 26.	„ „ „ „
1784	„ 12., 26. — 27.	Zahlreiche Sternschnuppen (Mannh. Ephem.).
1785	„ 27.	Zahlreiche Sternschnuppen in Prag gesehen.
1840	„ 26.	„ „ „ Deutschland.
1848	„ 28.	„ „ „ Aachen von Heis gesehen.
1849	„ 28. — 29.	Zahlreiche Sternschnuppen in Bonn von Schmidt gesehen.
1864	„ 26.	48 Sternschnuppen in 2 Stunden zu Münster gesehen.
1865	„ 26. — 29.	Die grösste Anzahl erschien am 28.

August.

268		Zahlreiche Meteore in China.
1029		„ Sternschnuppen mit grossem Geräusch und Leuchten (Soyuti Geschichte von Kairo).
1826	den 3.	Zahlreiche Sternschnuppen nach Olbers.
865	„ 5.	„ „ in China.
1451	„ 5.	„ „ „ „
1819	„ 6.	„ „ nach Kämtz.
1709	„ 8.	Zahlreiche Sternschnuppen in Zürich „viele fallende Sterne“ nach Scheuchzer.
1781	„ 8.	Zahlreiche Sternschnuppen in Boston.
1779	„ 9.	„ „ „ Neapel nach Hamilton.

1784 den 6. — 9. Zahlreiche Sternschnuppen (Mannh. Ephem.).
1789 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen von Spallanzani auf dem M. Cimone gesehen.
1798 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen in Nordamerika.
1799 „ 9. „ „ „ Göttingen von Brandes gesehen.
1804 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen. Viele Meteore von Benzenberg in Hamburg gesehen.
1806 „ 10. Zahlreiche Sternschnuppen in England nach Forster.
1815 „ 10. „ „ nach Chladni.
1822 „ 10. „ „ in New-York.
1831 „ 10. „ „ „ Westindien.
1833 „ 10. „ „ „ Worcestershire.
1800 „ 10. — 11. Sehr viele Meteore in England.
1836 „ 8. — 10. Sehr zahlreiche Meteore, besonders am 9. Nach Walferdin in der Nacht vom 8. zum 9. zu Bourbonne-les-Bains stündlich 316 Meteore.
1837 „ 9. — 11. Gleichfalls sehr zahlreiche Meteore in Europa und Amerika. Als Radiationspunkte gibt Wartmann in Genf α Drache und β Bärenhüter an.
1838 „ 9. — 11. Zahlreiche Meteore.
1839 „ 9. — 11. Sehr zahlreiche Meteore auf beiden Erdhälften. Das Maximum trat ein am 10. Von hier ab hat sich das Phänomen regelmässig alle Jahr wiederholt. Coulvier-Gravier hat aus seinen Beobachtungen, reducirt auf die Mitternachtsstunde, eine periodische Zu- und Abnahme der Intensität gefunden. Hiernach trat das Maximum im Jahre 1848 ein.
1840 den 9. — 13. }
1841 bis 42 den 9. bis 11. } Viele Sternschnuppen.
1843 den 9. — 13. }
1823 „ 15. Zahlreiche Meteore in Tübingen gesehen.
1824 „ 15. „ „ „ England „
1716 „ 18. „ „ „ ganz Europa.
1842 „ 21. Zwischen 11 und 12 Uhr Nachts sehr zahlreiche Meteore in Lyon.
1037 „ 27. Meteore in China.
1063 „ 28. „ „ „
532 „ 30. „ „ „

September.

1820 „ 2. Viele Meteore in England von Forster gesehen.
585 „ 6. „ „ (Abel Rémusat).
925 „ 21. Viele Meteore (Boguslawski).

1840 den 21. Zwischen 7 und 10 Uhr Abends sah **Wartmann** in Genf 106 Meteore.
1841 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen in Genf gesehen. Zwischen 9 und 11 Uhr über 23 stündlich.
585 „ 26. Viele Sternschnuppen (**Boguslawski**).

October.

912 Meteorschauer (**Boguslawski**).
1399 In Italien.
1623 den 10. „ China.
1436 „ 11. „ „
1847 „ 12. **Heis** in Aachen, viele Meteore.
1831 „ 13. Sehr viele Meteore in Deutschland.
1439 „ 14. In China.
1798 „ 14. Göttingen, viele Meteore von **Brandes** gesehen.
1743 „ 15. Sehr viele Sternschnuppen zwischen 9 u. 10 Uhr Abends in England.
1741 „ 17. Sehr viele Sternschnuppen in Aachen von **Heis** gesehen.
1838 „ 18. Meteore im Departement Ardèche gesehen.
1726 „ 19. Zahlreiche Meteore (**Boguslawski**).
1202 „ 19. Die Sterne flogen wie Heuschrecken (**Soyuti**, Geschichte von Kairo).
1002 „ 20. In China.
855 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen von arabischen Schriftstellern erwähnt.
856 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen, von arabischen Schriftstellern erwähnt.
1766 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen (**Heis**).
1848 „ 20. — 26. Zahlreiche Sternschnuppen von **Heis** gesehen.
902 „ 23. Zahlreiche Sternschnuppen in der Todesnacht Ibrahim ben Ahmeds.
1199 „ 23. Sternschnuppenschauer (**Boguslawski**).
1805 „ 23. „ „ „ in Deutschland.
1101 „ 24. „ „ „ (**Boguslawski**).
1845 „ 24. „ „ „ von **Heis** gesehen.
1533 „ 24. nocta visa sunt multa millia stellarum cadere (Chronik von Wittenberg).
979 „ 28. „grewliche Feuerzeichen am Himmel als ob zwei oder drei Heer gegen einander zögen“. (Braunschw. Chronik).
1366 „ 30. Ungemein zahlreiche Sternschnuppen in Prag gesehen.

November.

Es werden hier chronologisch, meist nach **Boguslawski**'s Zusammenstellung, hauptsächlich blos die Epochen der vorzüglichsten Stern-

schnuppen-Erscheinungen aufgeführt. Einzelnheiten, besonders über die neuere Beobachtung des Schwarmes vom 13. bis 14. November folgen unten.

585 den 12. (nach Chasles).
837 „ 12. In China.
899 „ 18. „ Egypten.
901 „ 30. (nach Herrick).
970 „ 8. In China.
1199 „ 8. „ Arabien.
1533 „ 3. In China, sehr bedeutend.
1582 „ 7. — 8. In Genf und Zürich fiel Feuer vom Himmel.
1584 „ 28. In Zürich nach Guggenbühl's Chronik.
1586 „ 25. „ „ „ „ „
1602 „ 7. In China.
1606 „ 15. In Siebenbürgen.
1698 „ 8. — 9. Grosser Sternschnuppenfall in Genf. Am 9. 4 Uhr früh viele Sternschnuppen in Zürich.
1787 „ 9. — 10. Viele Meteore in Mannheim von Hemmer gesehen.
1787 „ 10. Viele Meteore in England gesehen.
1799 „ 12. Grosse Meteorschauer in der ganzen Nordhalbkugel der Erde, Maximum zwischen 2 und 4 Uhr früh nach Humboldt in Cumana.
1813 „ 8. — 10.
1818 „ 13., 17., 19.
1820 „ 12.
1822 „ 12.
1826 „ 6. — 7.
1828 „ 11. — 12.
} Mehr Meteore als gewöhnlich.
1831 „ 13. Zu Brunneck in Tyrol sah man gegen 6 Uhr früh plötzlich sehr viele Meteore, das Gleiche bemerkte Capitän Brérard gegen 4 Uhr früh an der spanischen Küste.
1832 „ 12. — 13. Sehr viele Meteore in Europa, Nordamerika und Arabien. Olmstedt und Twining wurden dadurch zuerst auf die Idee einer Periodicität der Novembermeteore geführt.
1833 „ 12. — 13. Grossartiger Sternschnuppenfall.
1834 „ 13. — 14. Viele Meteore. Olmstedt in New-Haven bestimmte das Maximum auf 1 Uhr 4 Minuten.
1836 „ 11. — 14. In Breslau trat am 12. um 4 bis 5 Uhr früh ein Maximum ein; Herschel sah am Cap nur wenige Meteore. Herrick dagegn zählte 150 in einer Stunde. Olmstedt bestimmte als Radiationspunkt 145° A R und + 25° D. In Breslau wurden in der Nacht vom 13. bis 14. von 3 Uhr bis 5 Uhr 50 Min.

1836 den 11. — 14. 146 Meteore gesehen. Aus diesen und den Berliner Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Maximum ziemlich plötzlich gegen $5^{1}/_{2}$ Uhr früh eintrat.

1837 „ 13. — 14. Viele Meteore. Radiationspunkt nach Olmstedt 146^{0} A R + 24^{0} 50′ D; Maximum zwischen 4 und 5 Uhr früh.

1838 „ 13. — 14. Zahlreiche Meteore. Nach Focke in Bremen Radiation meist im Drachen, Maximum nach Mitternacht. In Wien war das Maximum, nach sehr genauen Beobachtungen, etwa um 4 Uhr früh und die Anzahl der Meteore von $3^{1}/_{2}$ bis $4^{1}/_{2}$ Uhr = 381. In London soll zwischen 3 Uhr 35 Min. bis 55 Min. ein plötzliches Maximum (mehr als 400 Meteore) eingetreten sein. Zu Lamballa will ein Beobachter zwar nur ein Meteor aber eine ungemeine Helligkeit der Atmosphäre bemerkt haben. Auch in Amerika waren die Meteore sehr zahlreich; Radiation meist aus dem grossen Löwen. Herschel bemerkte gleichzeitig am Cap ein Polarlicht.

1839 „ 12. — 13. In Breslau am 12. von 3 bis 4 Uhr = 242 Meteore, am 13. von 12 bis 13 Uhr = 318. In Amerika war wenig gesehen worden.

1840 „ 10. Von Wartmann in Genf von $9^{1}/_{4}$ bis 16 Uhr = 222 Meteore gesehen. An den anderen Tagen wenig. Mondschein.

1841 „ 12. bis 14. In Europa nichts besonderes. Dagegen sah Herschel auf St. Helena am 12. von 8 Uhr — 16 Uhr 40 Min. 102 Meteore. Maximum zwischen 3 und 4 Uhr mit 29 Meteoren in der Stunde.
In der Nacht vom 13. bis 14. wurden in Breslau stündlich 45 Meteore bemerkt, meist aus dem Perseus.

1842 „ 11. — 15. Am zahlreichsten waren die Meteore in der Nacht vom 11. zum 12., doch sah man in Rochester am 15. Nov. früh um 1 Uhr 150 bis 200 Sternschnuppen, während Quetelet in derselben Zeit ungemein wenig bemerkte.

1843 — 45 wenig; meist trüb.

1846 den 12. — 13. In Wien wurden 239 Meteore gesehen. Heis in Aachen setzte ein Maximum auf 11 bis 12 Uhr mit 37 Sternschnuppen stündlich, und meist aus Perseus.

1847 — 48 den 12 — 13. Viele, meist kleine Meteore.

1849 den 12. — 13. Am 12. von $10^{1}/_{2}$ — $11^{1}/_{2}$ Uhr in Breslau 88 Meteore.

1849 den 12. — 13. Am 13. von $10\frac{1}{2}$ — $11\frac{1}{2}$ Uhr in Breslau 29 Meteore.

In den folgenden Jahren blieb die Erscheinung mit geringen Schwankungen ziemlich constant, doch im Ganzen wenig bedeutend. Ueber die herrlichen Erscheinungen seit 1866 wird weiter unten specieller die Rede sein.

December.

786			Im December sah man „feurige Lanzen“ am Himmel.
848	den	1.	sah man „mitten in der Nacht feurige Lanzen“ am Himmel.
883			Zu Anfang des December viele Sternschnuppen in China.
1769	„	1.	Viele Sternschnuppen zu Elbeuf gesehen.
901	„	4.	Sternschnuppen.
1576	„	5.	Viele Meteore in China.
1741	„	5.	„ „ „ Petersburg von Krafft gesehen.
1798	„	6. — 7.	Grosser Sternschnuppenfall von Brandes in Bremen gesehen. Die stündliche Anzahl soll über 100 betragen haben.
1830	„	7.	Viele Meteore von Raillard unweit Langres gesehen.
1838	„	6. — 8.	Viele Meteore in Europa und Nordamerika gesehen. Herrick in New Haven zählte am 7. von 8 bis 10 Uhr Abends 164 Meteore, meist aus der Cassiopaje.
1847	„	8. — 10.	Viele Sternschnuppen von Heis in Aachen beobacht.
1833	„	11. — 15.	„ „ „ „ Colla in Parma „
1830	„	12. — 13.	Bei Heiligenstadt im Eichsfelde Nachts 40 Feuerkugeln gesehen.
1846	„	13.	In Australien viele Meteore.
1843	„	28.	Viele Meteore in Frankreich und Deutschland gesehen.
599	„	29.	Meteorschauer in China.

Aus der vorhergehenden chronologischen Zusammenstellung scheinen sich folgende Zeitpunkte des Jahres als durch Sternschnuppenfälle ausgezeichnet zu ergeben:

Januar	den	2. — 3.	(schon von Heis erkannt)
April	„	9. — 11.	(von Arago zuerst bezeichnet)
„	„	20. — 22.	
Juli	„	25. — 30.	(worauf zuerst J. Schmidt aufmerksam gemacht)
August	„	8. — 12.	
„	„	15. — 21.	
October	„	15. — 23.	(von Heis erkannt)
November	„	11. — 14.	(zuerst von Olmstedt und Twining als pe-
December	„	7. — 13.	riodisch erkannt).

Es ist ein auffallendes und erst in der neuesten Zeit seiner ganzen Bedeutung nach beachtetes Factum, dass manche Sternschnuppenströme ob sie gleich an bestimmte Jahrestage gebunden erscheinen, dennoch nicht jedes Jahr zurückkehren, während andere bloss eine geraume Zeit hindurch wiederkehrend beobachtet wurden, um darnach auf immer zu verschwinden.

Wenn viele Sternschnuppenströme mehrere Tage hindurch in grössten Distanzen auf der Erdoberfläche gleichzeitig sichtbar sind, so erscheint hingegen das Maximum einzelner und zwar der glänzendsten Phänomene, auf eine kurze Zeitdauer zusammengedrängt und häufig nur für einzelne Theile der Erdoberfläche bedeutsam ausgeprägt. Das plötzliche Erscheinen einer grossen Sternschnuppenmenge, nachdem kurz vor- und nachher die stündliche Anzahl nur wenig das Mittel übertrifft, hat mit Recht auf die Vorstellung von wolkenartigen Ansammlungen jener kosmisch kleinsten Körper geführt. Eine derartige Eigenthümlichkeit charakterisirt besonders den Novemberschwarm gegenüber den Meteoren der Laurentiusperiode des August. Die Ringe von Sternschnuppen, welche die Erde auf ihrer jährlichen Bahn durchsetzt, sind nicht allenthalben gleich dicht mit Meteoren besetzt, es existiren in denselben dichtere Ansammlungen, und weite, weniger dicht besetzte Stellen. Freilich könnte man dieser Ansicht entgegenhalten, dass die grössere Anzahl der periodisch sichtbaren Meteore nicht von einer ungleichen Vertheilung derselben in den Sternschnuppenringen herrühre, sondern bloss von der mehr oder minder bedeutenden Annäherung oder von dem Durchgange der Erde durch den Ring selbst. Allein bei der auffallenden Constanz in der Zeit der Erscheinung der Meteorströme lässt sich nicht wohl an eine, bei der eben angeführten Theorie nothwendige bedeutende Veränderung in der Länge des Radiusvectors der Knotenpunkte denken, um so weniger, als aller Wahrscheinlichkeit nach die Erde nicht eigentlich durch den Kern der Meteor-Wolken hindurchzugehen scheint.

Die wichtigste Bereicherung unsrer Kenntnisse von den Sternschnuppen knüpft sich an den Novemberstrom und beginnt mit dem Jahre 1799, wo diese Erscheinung in überraschender Pracht und Fülle auftrat. Humboldt hat nachzuweisen vermocht, dass das Phänomen damals auf dem ganzen nordamerikanischen Continente sichtbar war, vom Aequator bis nach Neu-Herrenhut und Lichtenau in Grönland. Es war ein förmlicher Regen von Sternschnuppen. Auch in Deutschland sah man an einigen Orten viele Meteore. Erst im Jahre 1832 erneuerte sich die Erscheinung in der Pracht von 1799, aber im nächstfolgenden Jahre entwickelte sich das Phänomen in einer Grossartigkeit die man nie geahnt. Die Erscheinung blieb diesmal auf Nordamerika beschränkt und trat am bedeutendsten auf innerhalb einer Zone, die nach Olmstedt's Untersuchung zwischen 61^0 und 91^0 westl. Länge und 18^0 bis 43^0 nördl. Breite liegt, ein Areal von 100,000 Quadr. Meilen umfassend. Die Zahl der von 9^h Abends bis 7^h Morgens sichtbaren Meteore wird auf eine halbe Million geschätzt.

Das Maximum scheint gegen 5^h mittl. Zeit von New-Haven eingetreten zu sein. Olmstedt machte bei dem Phänomen die wichtige Entdeckung, dass die überwiegend meisten Meteore aus einem Punkte von 150° *AR* und + 21° *D* aufgingen. Der Punkt, nach welchem sich damals die Erde hin bewegte, liegt nach Encke's Rechnung in *AR* 143° 55′ und + 14° 20′ *D*. Obgleich sich die Erde während der Dauer der Beobachtung um mehr als 156000 Meilen im Raume fortbewegte, blieb der Radiationspunkt doch unverrückt im Löwen und veränderte mit diesem Sternbilde Höhe und Azimuth. Um den Radiationspunkt herum befand sich ein kreisförmiger Raum von mehreren Graden, innerhalb welchem keine Sternschnuppe auftauchte. Die meisten Meteore waren geschweift, sie zerplatzten, doch ohne Geräusch, oder lösten sich in Rauch auf. Ob Etwas bei dieser Gelegenheit zur Erde gefallen, ist vielfach und in entgegengesetztem Sinne erörtert worden. Besonders zu Rahway (New Jersey) und West-Point sollen Klumpen gallertartiger Materie herabgefallen sein, allein diese Behauptungen sind nicht wissenschaftlich sicher gestellt worden.

In den folgenden Jahren erschien das Phänomen zwar auch noch sehr intensiv, allein es sank mit Ausnahme der Jahre 1836 und 1838 immer mehr von seiner Höhe. Auch in diesen beiden Jahren erschien das Maximum plötzlich. Grossartig trat die Erscheinung erst nach 1866 auf. Durch eine frühere Behauptung von Olbers, wonach die Maxima im Glanze der Novemberperiode alle 34 Jahre zu erwarten seien und durch eine neuere Arbeit von H. A. Newton in New Haven aufmerksam gemacht, hatte sich die astronomische Welt zur Beobachtung des seltenen Schauspiels wohl vorbereitet. Man darf sagen, dass mit Ausnahme der Venuspassagen wohl selten ein astronomisches Ereigniss mit einer grösseren allseitigen Aufmerksamkeit ist erwartet worden. Leider verhinderte an manchen Orten die Ungunst der Witterung den freien Anblick der Erscheinung.

Was zunächst die Zahl der sichtbar gewordenen Meteore anbelangt, so lässt sich dieselbe nur ganz beiläufig angeben; sie hängt zugleich ab von der Sehkraft, der Zahl und Aufmerksamkeit der Beobachter und dem Diaphanitätszustande des Himmels.

Von 12^h 1^m bis 1^h 7^m zählte Hind in London 1634 Meteore, aber von 1^h 7^m bis etwa 1^h 20^m war der feurige Regen so dicht, dass an ein Zählen gar nicht zu denken war. Dr. Neumayer in London schätzte die Anzahl der Meteore zwischen 1^h und 2^h auf 3960. Ein sehr gewandter Beobachter, Weber in Peckeloh, findet für die aus dem Sternbilde des Löwen aufgehenden Sternschnuppen eine Anzahl von 5000 bis 7000; zu einer fast gleichen Anzahl gelangt Terby im Löwen. Von diesen approximativen Schätzungen gehe ich über zu den genaueren Zählungen. Auf dem Observatorium von Greenwich fanden acht geübte Beobachter die stündliche Zahl der Meteore:

von 9 bis 10 Uhr	. . .	10
„ 10 „ 11 „	. . .	15
„ 11 „ 12 „	. . .	168
„ 12 „ 1 „	. . .	2032
„ 1 „ 2 „	. . .	4860
„ 2 „ 3 „	. . .	832
„ 3 „ 4 „	. . .	528
„ 4 „ 5 „	. . .	40

Bei dem von Seiten der Berliner Sternwarte organisirten Beobachtungssysteme wurde ein wohlbegrenztes Areal des Himmels ins Auge gefasst, dessen Mittelpunkt der Polarstern und dessen Halbmesser nahe 30 Grad war. „Die Zahl aller Sternschnuppenbahnen, deren Mitte in jenes Areal fiel, wurde in genau gemessenen Zeiträumen notirt und daraus ein Tableau abgeleitet, welches während der das Maximum einschliessenden Stunde für jede Minute die Zahl der in jenen begrenzten Gebiete wahrgenommenen Sternschnuppen angab. Diese Anzahl betrug pro Minute:

um 1^h 30^m	. . . .	15
„ 1 40	. . . .	25
„ 1 50	. . . .	43
„ 2	. . . .	55
„ 2 10	. . . .	48
„ 2 20	. . . .	35
„ 2 30	. . . .	17

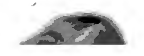
Die Fläche, welche das gewählte Areal des Himmels der uns begegnenden Sternschnuppenschaar darbot, konnte leicht in Quadratmeilen ausgedrückt werden. Man brauchte nur mit der Annahme der Höhe, welche der Mitte der sichtbaren Flugbahnen der Sternschnuppen zukam (etwa 15 Meilen), dasjenige Flächenstück zu berechnen, welches auf der durch diese Höhe bestimmten Umhüllungsfläche der Erde von einem Kegel begrenzt wurde, dessen Scheitel der Beobachter war und dessen Erzeugungslinien 30 Grad von der Richtung zum Polarstern abstanden, und brauchte dann jenes Flächenstück nur auf diejenige Ebene zu projiciren, welche unter einem rechten Winkel die Bewegungsrichtung der Sternschnuppen durchschnitt. Auf diese Weise fand sich, dass das gewählte Areal des Himmels den Sternschnuppen zur Zeit des Maximums um 2^h eine Fläche von 350 Quadratmeilen darbot, dagegen in Folge der Drehung der Erde um 1^h 30^m nur 300, um 2^h 30^m 400 Quadratmeilen. Diese Flächen mussten nun in Folge der relativen Geschwindigkeit von mindestens acht Meilen pro Secunde, mit welcher sich Erde und Sternschnuppenschaar gegen einander bewegten, in einer Minute einen Kubikinhalt ausfüllen, welcher durch Multiplication von 480 Meilen mit den Flächenausdrücken gefunden werden konnte. So ergab sich endlich, dass zwischen der Anzahl der Sternschnuppen und dem von ihnen erfüllten Raume ungefähr folgende

Beziehungen obgewaltet haben: Um 1^h 30^m kamen 15 dieser Körperchen auf 144 000 Kubikmeilen, um 2^h, 55 auf 168 000 Kubikmeilen, um 2^h 30^m, 17 auf 192 000 Kubikmeilen, so dass für die durchschnittlichen Abstände der einzelnen Körper von einander, als Dichtigkeitsmaass der Schaar sich um $1^1/_2$, 2 und $2^1/_2$ Uhr der Reihe nach 21, $14^1/_2$ und 23 Meilen herausstellten. Natürlich werden diese Abstände kleiner gefunden, wenn man eine noch grössere Geschwindigkeit annimmt. Eine gute Bestätigung dieser Resultate liefert eine andere Zählung, die um die Zeit des Maximums in einem Areal des Himmels vorgenommen wurde, dessen Mitte der Strahlungspunkt im Löwen bildete und dessen Halbmesser 20 Grad war. Dieses Areal, der Lage nach stark verschieden von der obigen Polarfläche, lieferte nach demselben Rechnungsverfahren um 2^h auf einer Fläche von 830 Quadratmeilen pro Minute 125 Lichterscheinungen, also wiederum mit Hinzunahme der Geschwindigkeit der Bewegung, das Dichtigkeitsmaass des durchschnittlichen Abstandes der kleinen Weltkörper von einander zu 14,6 Meilen, fast genau übereinstimmend mit dem für dieselbe Zeit berechneten Resultate der Abzählung des Polar-Areals. Wollte man in Folge der Uebereinstimmung dieser beiden Dichtigkeitsmaasse, welche für zwei sehr verschiedene Stellen der Gesammtfläche gelten, annehmen, dass die Dichtigkeit des Falles über die ebenso projicirte Gesammtfläche des Horizonts der Sichtbarkeit (etwa 10 000 Quadratmeilen), gleichmässig gewesen sei, so würde man finden, dass in der Stunde, die das Maximum einschloss, die Fläche des astronomischen Horizontes in Brandenburg (abgeschlossen in einer Höhe von 10 Graden) über 60 000 Sternschnuppen aufgenommen habe und dass dort zur Zeit des Maximums in 10 Minuten etwa 15 000 Sternschnuppen am ganzen Himmelsgewölbe aufgeleuchtet haben."

Was das ganze Phänomen besonders charakterisirt, ist der Umstand, dass das Maximum auf einen verhältnissmässig kurzen Zeitraum zusammengedrängt war. Ich stelle die auf Berliner mittlere Zeit reducirten Augenblicke derselben, soweit die Angaben einiges Zutrauen hinsichtlich der Genauigkeit verdienen, hier zusammen:

Ort	h	m	Beobachter
Greenwich . . .	2^h	4^m	(Gleisher)
London	2	14	(Neumayer)
„	2	5	(Symens)
„	2	4	(Hind)
„	2	6	(Phipson)
Berlin	2	12	—
Manchester . . .	2	13	(Baxendall)
Oxford	2	12	(Quirling)
Brüssel	2	6	(Quetelet)
Rom	2	19	(Skarpellini)
Mittel	2^h	$9{,}5^m$	

Die meisten Meteore kamen aus dem grossen Löwen, nahe bei dem




Sterne γ. In dem Berichte der Berliner Sternwarte heisst es: „Die sämmtlichen Sternschnuppen jener Nacht, die wir erblickten, schienen mit Ausnahme von zwei oder drei aus einem Punkte im Sternbilde des Löwen gewissermaassen auszustrahlen. Die Richtung stimmte fast genau mit derjenigen überein, nach welcher in jener Nacht die Erde mit einer Geschwindigkeit von vier Meilen in der Secunde sich hinbewegte.“ Professor Klinkerfues und C. Börgen in Göttingen bestimmten als Radiationspunkt 148° *AR* und + 22° *D*. Aus Quetelet's Beobachtungen in Brüssel ergibt sich nahe damit übereinstimmend 148° *AR* und + 24° *D*. Das ist fast genau der nämliche Punkt, den 1833 Olmstedt bestimmte. Ausser diesem Hauptausgangspunkte zeigten sich noch secundäre in den Zwillingen und dem grossen Bären.

Was die wahre Höhe der Meteore über dem Erdboden beträgt, so sind hierüber nur von den Beobachtern bei Berlin Data geliefert worden. Es folgt aus denselben als Mittelwerth für die Höhe des Aufleuchtens 20 für jene des Verschwindens 11 Meilen. Aus einer grössern Anzahl (78) ähnlicher Bestimmungen hatte H. A. Newton im November 1863 Mittelwerthe von resp. 21 und 13 Meilen gefunden. Es gelang den Berliner und Brandenburger Beobachtern, die Höhe eines lichten Wölkchens, das sich am Ende einer Sternschnuppenbahn fast ringförmig entwickelt hatte, recht sicher auf $11^1/_2$ Meilen zu bestimmen und mit dem Fernrohre eine Bewegung in demselben wie das Wogen glühender Dämpfe zu erkennen. Trotz der grossen Höhe, welche jenes Wölkchen dem Einflusse von Windströmungen gänzlich enthob, bewegte es sich, seinen Ring langsam erweiternd, in der entgegengesetzten Richtung der Sternschnuppen, wie durch einen Rückstoss, und legte in dieser Richtung während der acht bis zehn Minuten, die es leuchtend blieb, noch ungefähr drei Meilen zurück.

Börgen in Göttingen hat gelegentlich des Sternschnuppenphänomens auf eine Thatsache aufmerksam gemacht, die bereits schon früher beiläufig erwähnt wurde. „Es war,“ sagt der Beobachter, „eine sehr auffallende Erscheinung in der Nacht vom 13. bis 14., die ungemeine Helligkeit der Luft, trotz der Abwesenheit des Mondlichtes. Es war wie um Mitternacht zur Sommerszeit, fast wie zur Zeit der hellsten Dämmerung. Kein Schnee lag, der diese Erscheinung hätte bewirken können. Die Helligkeit dauerte fort auch nachdem die Menge der Sternschnuppen abgenommen hatte.“ Im Jahre 1867 trat das Novemberphänomen, besonders in Europa ungleich schwächer auf als bei der Erscheinung des vorhergehenden Jahres. In Köln beobachtete der Verfasser in Gemeinschaft mit den Herren Wolff und Pfeifer. Zwischen 11 und $16^1/_4{}^h$ in der Nacht vom 13. zum 14. November erschienen am östlichen Himmel bloss 19 Meteore. Einem Vorschlage des Professors Twining folgend, war ein sehr lichtstarkes Fernrohr auf den bekannten Radiationspunkt und seine Umgebung gerichtet worden, ohne dass sich indess in dieser Weise etwas Bemerkenswerthes zeigte. Die Beobachter auf der Berliner Sternwarte

sind nicht glücklicher gewesen. Die Meteore wurden erst dann zahlreicher, als die aufgehende Sonne allen weiteren Wahrnehmungen ein Ziel setzte.

In Münster sahen Professor Heis und seine Mitbeobachter zwischen 10^h und 14^h nur 36 Sternschnuppen.

In Lennep zählte ein Beobachter, H. A. Schmidt, von $10^h\ 3^m$ bis $13^h\ 7^m$ im Ganzen 22 Meteore.

In Meppen bemerkte H. Eylert zwischen $10^h\ 57^m$ und $11^h\ 46^m$ nur 7 Sternschnuppen.

Auf der Sternwarte zu Prag sah Professor Karlinsky von 11^h bis $16^1/_4{}^h$ am Osthimmel 15 Meteore, worunter 13 aus dem Löwen.

Zu Paris zählten die Beobachter Wolf, Reyet, Lucas und André von 13^h bis $17^1/_2{}^h$ 75 Meteore, meist aus dem Löwen ausgehend. Die Mehrzahl erschien erst nach 16^h.

In Palermo zählte man gegen Morgen etwa 100 Meteore. Pater Secchi und Professor Respighi sahen zu Rom nur wenig Sternschnuppen, dagegen erblickte der letztgenannte Astronom zwischen $19^h\ 46^m$ und $20^h\ 30^m$ 5 nebelige Flecke bei der Sonne vorüberziehen.

Professor Spörer in Anklam gibt als Anzahl der in den Morgenstunden des 14. November von ihm wahrgenommene Meteore an:

14^h	bis	15^h	9	Sternschnuppen
15	„	16	13	„
16	„	17	19	„
17	„	18	29	„

Der gemeinsame Ausgangspunkt lag, besonders gegen Morgen, in der Nähe von γ Löwe.

Grossartiger erschien das Phänomen zu Kalmar in Schweden; am frühen Morgen war der Kalmarsund von Tausenden fallender Meteore erleuchtet. Am reichhaltigsten aber erwies sich die Erscheinung für Nordamerika.

Zu Toronto zählte man zwischen 16^h und 17^h 1345 Sternschnuppen, von 16^h bis $16^h\ 20^m$ allein 784. Die meisten kamen aus dem Löwen.

Zur Bestimmung von Parallaxen hatten Newcomb in Washington und Harkness in Richmond correspondirende Beobachtungen angestellt. Es ergaben sich 9 Meteore als identisch an beiden Orten gesehen. Die Höhen (in englischen Meilen) sind folgende:

Beim Aufleuchten	Beim Verschwinden
72	30
108	55
74	47
82	38
90	50
104	41
115	58
79	41
198	65
Mittel 102	47

Aus diesen Zahlen ergibt sich, da die Bahnen mit der Verticalen einen mittleren Winkel von 35° bildeten, dass die mittlere Länge jeder Bahn 67 (engl.) Meilen betrug. Die wahre Geschwindigkeit beträgt indess 44 Meilen in der Secunde; da nun die Meteorite ihre Bahn in weniger als einer Secunde, wahrscheinlich nur in einer halben durchflogen, so kann die durchschnittliche Bahnlänge nicht mehr als 22 (engl.) Meilen betragen haben. Professor Newcomb schreibt mit Recht den Grund dieser Differenz dem Bestreben des Auges zu, einem schnell fliegenden Körper einen grössern Weg zuzuschreiben, als er in der That durchläuft, wodurch namentlich der Anfangspunkt der scheinbaren Bahn zurückverlegt wird. Der genannte Astronom ist daher geneigt, die mittlere Höhe der helleren Meteore beim Aufleuchten auf 75, beim Verschwinden auf 55 Meilen über der Erdoberfläche anzunehmen.

Während des Maximums der Erscheinung wurden etwa 3000 Meteore in der Stunde gesehen. Nimmt man nun an, dass die Beobachter alle Meteore sahen, welche in einem Kreise von 150 (engl.) Meilen Durchmesser fielen, so ergibt sich bei der oben genannten Geschwindigkeit, dass in dem dichtesten Theil des Schwarmes, durch den die Erde am 13. November ging, in einem Raume von etwa 900 000 (engl.) Cubikmeilen sich eine Sternschnuppe befand.

Professor Heis hat bei Untersuchung des ihm zugegangenen Materials über die Novembermeteore von 1867, nur vier gefunden, die an zwei Orten zugleich gesehen wurden. Ihre Höhen sind in geographischen Meilen:

Beim Aufleuchten	Beim Verschwinden
9,5	6,5
20,0	11,0
10,0	8,0
20,0	6,0
Mittel 15	8

Diese Zahlen stimmen nahe mit den von Newcomb erhaltenen Werthen überein.

Grossartiger trat die Erscheinung im Jahre 1868 ein. Zwar verhinderte der regnerische Himmel an den meisten Orten Deutschlands jede Beobachtung; allein um so grossartiger erschien das Phänomen in Italien, Spanien und Nordamerika. In Rom zählten Pater Secchi und zwei Mitbeobachter am Morgen des 14. November:

von $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Uhr	211 Meteore
„ $3^1/_2$ „ $4^1/_2$ „	637 „
„ $4^1/_2$ „ $5^3/_4$ „	1356 „

Das wahre Maximum konnte wegen Anbruch des Tages nicht mehr festgestellt werden.

Auf der Sternwarte zu Madrid zählte man in der Nacht vom 12. bis 13. Novbr. stündlich sechs bis acht Meteore, auch in der folgenden Nacht bis 12 Uhr wenig; aber zwischen 12 und 2 Uhr sahen zwei Beobachter etwa 200 Meteore, meist aus dem Löwen kommend. Von 2 bis 3 Uhr wuchs die Zahl auf 350 und blieb bis 4 Uhr etwa so, nahm von jetzt ab indess zu und erreichte zwischen 5 und $5^1/_2$ Uhr 20 Meteore in der Minute, meist hellere als wie zuvor. Die nun folgende Abnahme schreibt Aguilar mit Recht der Morgendämmerung zu und glaubt, dass das wahre Maximum erst später eintrat. In der folgenden Nacht erblickte man gegen 12 Uhr 20 Minuten zwischen den Sternen β und ψ des grossen Bären plötzlich eine leuchtende Masse, drei oder vier mal grösser als der Mond, von sehr unregelmässiger und veränderlicher Gestalt. Der Beobachter rief erstaunt einen Collegen hinzu, allein ehe beide das Aequatoreal der Sternwarte auf das seltsame Gebilde richten konnten, war dieses verschwunden. Es hatte ganz das Ansehen eines grossen Kometen.

In Nordamerika zählte man in der Nacht des 13. bis 14. November:

a) in New Haven in 4 Stunden 42 Minuten 5573 Meteore, meist von kurzem Laufe, der Radiationspunkt lag bei ε im Löwen.

b) in Bowdoin College Braunschweig: 5670 Sternschnuppen, wovon nur 121 nicht aus dem Löwen kommend.

c) in Toronto, von $10^h\ 45^m$ bis $18^h\ 0^m$: 3000 Meteore.

d) in Vevay, Indiana : 1926 Sternschnuppen in 4 Stunden 37 Minuten.

e) in Manhatton, Kansas: 833 Sternschnuppen von $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Uhr früh.

Hr. Marsh vom Staverford College ($40^0\ 5'$ nördl. Breite, $5^h\ 1^m\ 13^s$ westl. Greenwich) gibt folgende Tabelle der beobachteten Sternschnuppen zu den beigesetzten Zeiten:

12 Uhr	58 Min.	600 Meteore
1 „	17 „	800 „
3 „	51 „	2900 „
4 „	7 „	3100 „
4 „	30 „	3400 „
5 „	0 „	4200 „
5 „	26 „	4700 „
5 „	31 „	4800 „
5 „	36 „	4900 „
5 „	41 „	5000 „

Die meisten Sternschnuppen gingen vom Löwen aus, nur wenige waren sporadische.

Nach allen diesen Angaben muss man schliessen, dass die November-Erscheinung des Jahres 1868 jene des vorhergehenden Jahres an Reichhaltigkeit bedeutend übertroffen hat.

Die Beobachtung der Novembermeteore des Jahres 1869 hat eine geringere Reichhaltigkeit ergeben als diejenige des Jahres 1868. Pater Secchi in Rom beobachtete am Morgen des 14. November von $2^h\ 35^m$ bis $3^h\ 15^m$ 183 Meteore. In Barcelonette sah man in der Nacht vom 11. zum 12. November 210, in Marseille 116, in Montpellier 120 meist sporadische Sternschnuppen. In der folgenden Nacht war die Zahl der Sternschnuppen noch zahlreicher, und selbst in der Nacht vom 14. zum 15. November wurden noch mehrere Hundert Meteore beobachtet.

Während die Bewegung der August-Meteore direct ist, erscheint diejenige der November-Sternschnuppen retrograd. Um ein genaues Urtheil über diese letzteren zu gewinnen, muss man die Unterschiede der Erscheinung dieser und der Sternschnuppen des August ins Auge fassen. v. Boguslawski charakterisirt dieselben wie folgt: 1) Das August-Phänomen zeigt in der Regel mehrere Tage vor und nach dem Maximum der Erscheinung seine Ankunft durch eine grössere Anzahl Sternschnuppen an. Das November-Phänomen tritt dagegen fast immer plötzlich ein. 2) Die Intensität der Erscheinung ist bei den Meteoren des August geringeren Schwankungen unterworfen, als das November-Phänomen und diesem fast immer überlegen an Fülle und Pracht, ausser bei den Maximis des letzteren, alle 33 bis 34 Jahre. 3) Die November-Sternschnuppen kommen uns in ihrer Bewegung entgegen, wenigstens diejenigen, welche aus dem Löwen ausstrahlen. Bei den Meteoren des August ist dies nicht der Fall. 4) Die letzteren zeigen sich fast allenthalben auf der Erde in nahezu gleicher Intensität, die November-Meteore scheinen mehr oder weniger localisirt zu sein.

Während daher die August-Meteore einen allenthalben nahezu gleich dichten Ring um die Sonne bilden, muss man die November-Sternschnuppen als eine Wolke von Meteoren betrachten, welche eine feste Bahn um die Sonne beschreibt, die von der Erde periodisch durchschnitten wird. Wären alle Theile dieser Bahn gleichmässig mit Meteoren besetzt, so

würde das Phänomen in Bezug auf gleichmässigen Glanz des Erscheinens in jedem Jahre, den August-Meteoren ähnlich sein. Dies ist aber nicht der Fall. Einzelne, und vor allen eine Stelle, erscheint überwiegend dicht mit Sternschnuppen erfüllt oder vielmehr, es circuliren auf der Peripherie der Bahn verschiedene wolkenartige Aggregate von Meteoren, die uns nur dann das prachtvolle Schauspiel eines Sternschnuppenfalles gewähren, wenn die Erde ihnen sehr nahe kommt.

Nach G. A. Newton's Untersuchungen beschreibt der Hauptschwarm der November-Meteore seine rückläufige Bahn um die Sonne in 354,62 Tagen, trifft also erst nach etwa 33¼ Jahren wieder in günstigster Stellung mit der Erde zusammen, daher denn auch die Perioden des grössten Glanzes alle 33 bis 34 Jahr eintreten. Der genannte Gelehrte stützte seine Rechnung auf folgende 13 Erscheinungen:

						Länge der Erde	
1.	alter Styl	902	October	12.	17^h	24°	16,6′
2.	„	931	„	14.	10	25	57,5
3.	„	934	„	13.	17	25	31,6
4.	„	1002	„	14.	10	26	44,8
5.	„	1101	„	16.	17	30	2,4
6.	„	1202	„	18.	14	32	25,5
7.	„	1366	„	22.	17	37	47,9
8.	„	1533	„	24.	14	41	11,7
9.	„	1602	„	27.	10	44	18,9
10.	neuer Styl	1698	November	8.	17	47	20,6
11.	„	1799	„	11.	21	50	1,6
12.	„	1832	„	12.	16	50	49,0
13.	„	1833	„	12.	22	50	49,5

Aus diesen Daten folgerte G. A. Newton die oben angegebene als die wahrscheinlichste Periode, wobei die halbe grosse Axe der Bahn des Schwarmes = 0,98049 ist. Aus den der Tafel beigefügten Längen der Erde zu den betreffenden Epochen ergibt sich leicht die mittlere jährliche Bewegung der Knoten der Sternschnuppenbahn auf der Ekliptik zu 52,4″ siderisch. Diese Knotenbewegung lässt sich anderseits auch aus der Theorie bei gegebenen Bahnelementen des Meteorschwarmes ableiten, und Adams erhielt auf diesem Wege dafür den Werth von 21″, der mit dem beobachteten durchaus nicht übereinstimmt. Vielmehr findet diese Uebereinstimmung nur statt unter Annahme einer Umlaufszeit von 33¼ Jahren. Wird als Radiationspunkt:

$$AR\ \ 149^0\,12'\ \ D + 23^0\ 1'$$

angenommen, so ergeben sich nach Adams folgende Bahnelemente des Novemberschwarmes der Sternschnuppen:

Mittlere Distanz	10,3402
Excentricität	0,9855
Periheldistanz	0,9049
Neigung	16° 46′
Knotenlänge	51° 28′
Perihel vom Knoten	6° 51′
Bewegung	retrograd.

Leverrier ging bei seinen Erörterungen in dem bekannten Briefe an Sir John Herschel davon aus, dass die November-Meteore erst aus sehr neuer Zeitepoche stammen. Wären sie an Alter den Planeten vergleichbar, so müssten die einzelnen Meteore in Folge ihrer verschiedenen Geschwindigkeiten, sich längst über die ganze Bahn vertheilt haben, gleich den August-Sternschnuppen; sie könnten keine mehr oder minder grosse Wolken mehr bilden. Hätte bereits eine unermessliche Anzahl von Erscheinungen stattgefunden, so würde die Erde, welche bei jeder derselben einen Theil des Schwarmes herauszieht, für die Gegenwart nichts Regelmässiges mehr übrig gelassen haben. Aus diesen Gründen glaubt Leverrier, dass uns der Novemberschwarm aus den Tiefen des Weltraumes zugegangen ist, und dass er in der Zwischenzeit zwischen den Haupterscheinungen wieder gegen die oberen Planeten zurückkehrt.

Leverrier behauptet, dass der Novemberschwarm durch die Anziehung des Planeten Uranus, dem er im Jahre 126 n. Chr. sehr nahe kam, in seine heutige Bahn geworfen wurde. Schiaparelli hält diese Ansicht für entschieden unrichtig und möchte die Bildung der elliptischen Bahn der Novembermeteore viel eher dem störenden Einflusse der Planeten Jupiter und Saturn zuschreiben. Kirkwood hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Sternschnuppen des 18. bis 20. April, diejenigen des 11. bis 13. December und diejenigen des 15. bis 21. October eine Periode von 27 bis 30 Jahren besitzen und ihre aphelischen Distanzen ebenso wie jene der Novembermeteore, sowie der Kometen 1866 I und 1867 I sehr nahe der mittleren Distanz des Uranus von der Sonne seien. Welche näheren, causalen Beziehungen hier stattfinden, muss billig der Entscheidung der Zukunft überlassen bleiben. Galle findet unter Annahme des Zusammenhangs der Sternschnuppen des 20. April mit dem Kometen I 1861 folgende Bahnelemente des Schwarms:

Länge des Perihels 236°; Länge des aufsteigenden Knotens: 30°, Neigung der Bahn 89°, Periheldistanz 0,9550; Excentricität 0,9828, halbe grosse Axe 55,72, Umlaufszeit 415 Jahre, Bewegung: direct.

Im Jahre 1866, während der August- und Novemberperiode, ist es zum ersten Male Alexander Herschel geglückt, spectroskopische Untersuchungen von Meteoren anstellen zu können. Es wurden im Ganzen 70 Spectra von Schweifen und Kernen erhalten. Die Beobachtungen geschahen in den Nächten des 9. und 10. August, sowie des 14. November des genannten Jahres. Die Spectra der Meteorkerne zeigten im Allgemeinen sehr schöne prismatische Farben, die sich mit dem Schwächerwerden

der Meteore verloren. Die Spectra der Schweife erscheinen gleichfalls continuirlich, sobald der Schweif aber zu verschwinden begann, blieb eine gelbe Linie von sehr bedeutendem Glanze sichtbar. Diese, die offenbar ihre Existenz gewissen selbstleuchtenden Gasen verdankt, besitzt unter den terrestrischen Flammen nur im weissglühenden Sodium ein Analogon. In den Schweifen der November-Meteore hat sich diese helle gelbe Linie nicht gezeigt. Gelegentlich der Erscheinung des Novemberschwarmes im Jahre 1868 fand Secchi bei zwei Sternschnuppen, die er spectroskopisch beobachten konnte, die Sodium- und Magnesiumlinien sehr schön, ebenso verschiedene Linien in Roth. Die Schweife der Meteore zeigten discontinuirliche Spectra mit hellen Streifen im Roth, Grün, Gelb und Blau.

Wenn man das, was kometarisch die ungemessenen Himmelsräume durchwandert, was einst zum Schrecken der Völker am Firmamente von Zeit zu Zeit leuchtend heraufzog, mit den Sternschnuppen in engste Verbindung und Verwandtschaft bringt, so ist man allerdings wenig geneigt, mit dem scharfsinnigen Chladni in den niederfallenden Sternschnuppen bisweilen gallertartige oder bituminöse Körper (Schleimmassen) zu erblicken. Diese Ansicht ist seit Paracelsus freilich im Volke die vorherrschende geblieben.

Man muss erwägen, wie es in den meisten Fällen ungemein schwierig ist, den Ort des Niederfalles von Meteoriten so genau zu bestimmen, dass die betreffende Stelle ohne das Vorhandensein einer grössern Masse sicher könnte aufgefunden werden. G. v. Boguslawski hat mit gewohntem Fleisse ein umfassendes Verzeichniss derartiger Wahrnehmungen zusammengestellt. Ich führe hier nur die Fälle an, die mir einigermaassen wissenschaftlich der Beobachtung werth erscheinen.

1652 im Mai sah Christian Menzel bei Nacht auf einer Reise zwischen Siena und Rom eine sehr helle Sternschnuppe ganz in seiner Nähe niederfallen. Er fand an der Stelle eine schleimige und klebrige Substanz, die bald nachher vertrocknete.

1718, am 24. März, sah man auf der Insel Lethy ein Meteor mit heftigem Knalle niederstürzen. Andern Tages fand sich an der Stelle des Niederfalles eine silberschaumartig glänzende, gallertartige Masse.

Am 8. März 1796 fiel ein weithin sichtbares Meteor in der Oberlausitz zwischen den Dörfern Storche und Lausske, wie es heisst auf freiem Felde nieder. Man fand an der betreffenden Stelle auf einem elliptischen Raume von 10 Ellen Länge und 6 Ellen Breite, eine gelblich weisse, schaumige, klebrige und ölige, wie Kampher brennende Masse, die allmählich bis zu einem braunen Rückstande verdunstete.

1803, am 21. Januar, beobachtete Schmidt zu Festenberg zwischen Borsdorf bei Bojanowo und dem Schlosse zu Tribusch eine allmählich anwachsende Sternschnuppe, die mit Gezisch vor ihm und seinen beiden Begleitern vorüberfuhr und über dem Strassengraben, auf dem mit Schnee bedeckten Felde platzte. Am andern Morgen fand sich auf dieser Stelle ein rundlicher Fleck von gallertartiger Materie, blaugrüner Farbe und

schwefelsaurem (?) Geruche. Die Mäntel der Reisenden waren noch am andern Morgen mit feuchten, handbreiten, gelblichen und nach Schwefel riechenden Streifen bedeckt. Diese Beobachtung wäre gänzlich einwurfsfrei, wenn sich die erwähnten Personen der geringen Mühe unterzogen hätten, sich sofort an den Ort des Niederfalles zu begeben, statt dies auf den andern Morgen zu verschieben.

1819, am 13. August, explodirte dicht vor den Häusern von Amherst (Massachusetts) eine weisse Feuerkugel. Am andern Morgen fand man eine schleimige Substanz, die nach einigen Tagen bis auf einen geringen, dunkelfarbigen Rückstand verdunstete. Hier findet sich ebenfalls die schleimige Masse erst am andern Morgen. Haben diejenigen, welche das Meteor dicht vor ihren Häusern explodiren sahen, gewartet bis zum andern Morgen, ehe sie sich an die Stelle der Explosion begaben? oder ist die ganze Mittheilung Humbug?

1828 oder 1829 wurde zu Allport in Derbyshire gegen Ende August oder Anfangs September die Explosion einer Feuerkugel bemerkt, von welcher Stücke auf ein Grasfeld fielen. Ihre Zusammensetzung war nach Dr. R. A. Smith's Analyse:

Schwefel . . .	22,00
Kohle	43,59
Eisenoxyd . . .	34,09
specifisches Gewicht	2

1835, am 6. September, zwischen 12 und 1 Uhr Nachts sah Koch zwischen Friemar und Gotha eine Sternschnuppe fast senkrecht herabfallen, die aber in der Luft erlosch. Kurze Zeit nach ihrem Verschwinden fiel mit heftigem Geräusch drei Fuss von dem Beobachter entfernt eine tellergrosse, gallertartige, fettig anzufühlende Substanz, die allmählich verdunstete.

1845, am 23. December, Abends gegen 5 Uhr, wurde auf der Strasse von Dessau nach Tonitz eine feurige Kugel gesehen, die sich, in der Nähe des Bodens angelangt, in eine Unzahl leuchtender Funken, einem Schneegestöber gleich, auflöste. Diese Funken erloschen und verschwanden ohne Rückstand zu hinterlassen, auch war die ganze Erscheinung durchaus von keinem Geräusche begleitet. An demselben Abende beobachtete Schwabe in Dessau eine Menge von Sternschnuppen.

In der von der populären Anschauung als Sternschnuppengallerte bezeichneten Materie hat zuerst Carus im Jahre 1834 die Eileiter von Fröschen erkannt und diese Behauptung ist durch v. Baer 1860 bestätigt worden. Diese Massen, die man früher irrthümlich dem Pflanzenreiche zuschrieb, haben also durchaus nichts mit den Sternschnuppen gemein.

Die Meteorite bieten uns in vielfachen Beziehungen noch Räthselhaftes dar. Manches ist durch die andauernden, vereinten Bemühungen einer grossen Anzahl scharfsinniger Forscher wissenschaftlich erkannt

worden, aber noch bleibt Vieles zu erforschen übrig. Von dem Punkte aus bis zu welchem man vorgedrungen ist, hat man neue Regionen in ungewissem Dämmerscheine herüberblinken sehen. Das ist der Faden, der sich durch die gesammten Naturwissenschaften hindurchzieht, dass von jedem Standpunkte aus eine immer neue Perspective des zu Erforschenden sich eröffnet, dass niemals der Kreis des Wissens als ein genetisch abgeschlossener betrachtet werden kann. Wie das Unendliche, nach dem Ausdrucke des scharfsinnigsten, consequentesten Denkers Gauss nur als ein ewig Unvollendetes aufzufassen ist, so auch die Wissenschaft, die eine immer grössere Summe des Endlichen im Unendlichen der Natur intellectuell zu begreifen unternimmt.

Erklärung der Tafeln.

Schreiben des Herrn Professor Spoerer an den Verfasser.

(Hierzu Tafel I und II.)

Da Sie beabsichtigen, Ihrem Werke die Abbildungen jener Sonnenfleckengruppe beizufügen, welche ich im September und October des Jahres 1865 beobachtete und in ihren einzelnen Theilen durch Messung und Rechnung verfolgte, so will ich Ihnen von einigen beliebig ausgewählten Tagen (darunter September 25.) eine neue Zeichnung in grösserm Maassstabe einsenden, damit man danach den richtigen Charakter leichter erkenne. Bei September 25. habe ich jetzt einen Pfeil hinzugefügt, welcher die Vergleichung der beiden Figuren September 25. und September 26. erleichtern soll. Wie die grosse Kernparthie September 24. in jene September 25. durch Neubildung und Auflösung übergegangen ist, lässt sich schon ohne Erläuterung erkennen, aber für den Uebergang von September 25. zu September 26. scheint es mir doch nöthig, besonders zu erwähnen, dass der südöstliche kleine Kern im Hauptgebilde September 25. identisch ist mit dem September 26. rechts weit entfernten Doppelkern. Eine helle trennende Strasse hat sich dort weiter ausgebildet, wo September 25. westlich von dem erwähnten kleinen Kern eine helle Stelle im Hofe sich befindet, und der Pfeil soll auf die Richtung der hellen Strasse aufmerksam machen, bei deren Auftreten zugleich der südöstliche Theil des Hauptkernes aufgelöst wurde. Beim Hauptkern ersieht man leicht die Vergrösserung des links von der Trennungslinie befindlichen Stückes von September 24. bis September 27., und an dem zuletzt genannten Tage sind noch die letzten Spuren der Trennungslinie erkennbar. Mit diesem Tage tritt auch eine überaus dunkele Stelle im Kerne deutlich hervor, welche sich bis September 29. erhielt. Das Bild Oct. 3. ist interessant wegen der spiralförmigen Structur.

Unter den Beispielen für entgegengesetzte Hofstellung möchte ich die Gruppe 1865 Nr. 66 empfehlen. Die beiden Zeichnungen Mai 19. Nachmittags 4 Uhr und Mai 20. Morgens 8 Uhr dürften von Interesse

sein. Bei der erstern findet sich noch keine Hofbildung, bei der andern ist dann die entgegengesetzte Hofbildung schön ausgeprägt. Somit wäre dies auch ein Beispiel, wie überaus schnell sich die Höfe bilden, oder mit anderen Worten: wie schnell jene kleinsten Flecke entstehen, welche, wenn sie dicht gedrängt stehen, den Namen Hof oder Penumbra erhalten.

Zu dem die Sonne betreffenden Theile Ihres Werkes möchte ich mir folgende Bemerkungen erlauben:

Pag. 10. Die Veränderung der heliographischen Breite, wie sie von Carrington angegeben ist und wie ich es auch vielfach gefunden habe, zeigt doch nicht ein so entschieden hervortretendes Gesetz, dass man weitere Folgerungen darauf bauen könnte, und habe ich mich auch später dafür ausgesprochen, dass man wohl besser thäte, dies bis auf weiteres noch unentschieden zu lassen.

Die Zahlen M für den täglichen Rotationswinkel (in meinen Aufsätzen immer mit ξ bezeichnet) könnten vielleicht dadurch, dass sie für alle einzelnen Breitengrade und bis auf Hundertstel der Bogenminuten angesetzt sind, der Auffassung Faye's Vorschub zu leisten scheinen, dass jeder Zone des Sonnenkörpers die Rotationszeit der Tabelle wirklich zukäme, also vom Aequator zu den Polen die Rotation langsamer erfolge, während doch die Beobachtungen einer solchen Auffassung entschieden widerstreiten. Man findet nicht allein zu verschiedenen Zeiten, sondern auch gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Sonnenoberfläche Flecke, welche sich jenem Gesetze des mit wachsenden heliographischen Breiten abnehmenden Rotationswinkels durchaus nicht fügen, also dass ein Fleck bei geringerer Breite einen weit kleinern Rotationswinkel liefert als ein anderer mit grösserer Breite. Sind doch die Zahlen der Tabelle nur aus einer Formel hervorgegangen, welche sich den aus zahlreichen Beobachtungen entnommenen Mittelwerthen der Rotationswinkel ziemlich nahe anschliesst, während in den einzelnen Fällen beträchtliche Abweichungen von jenem Gesetze vorkommen und höchst selten aus einem Fleck gerade der Werth der Formel erhalten wird. Wir wissen ferner, dass das Gesetz nicht gilt für die erste Phase der Entwickelung der Gruppen, ferner nicht für die Fälle, wo sich die entgegengesetzte Hofstellung zeigt. — Noch ein Umstand beeinträchtigt die Zahlenwerthe, so dass die bisher für jenes Gesetz aufgestellten Formeln sämmtlich nur beiläufige Gültigkeit haben, nämlich die Zahlen gelten nicht in gleicher Weise für die einzelnen Jahre der elfjährigen Periode. Ebenso wie die Vertheilung der Flecke nach der heliographischen Breite eine andere ist, je nachdem die Beobachtungszeit dem Maximum oder Minimum des Fleckenstandes näher ist, scheinen auch die Mittelwerthe der ξ zu variiren. Hierüber habe ich noch nichts bekannt gemacht, will auch erst noch mehr Material sammeln, um weiter zu entscheiden.

Auf Pag. 12 haben Sie Silberschlag als denjenigen citirt, der zuerst erkannte, dass einzelne Sonnenflecke eine Art rotirender Bewe-

gung um sich selbst besitzen. Neuerdings ist dies vielfach beobachtet, und Littrow's „Wunder des Himmels" enthalten II. §. 20 eine Zeichnung von Dawes, welche dazu verführen könnte, zu glauben, dass wirklich die über ungeheure Flächen ausgedehnten Gebilde unter Beibehaltung ihrer Gestalt eine Rotation erfahren. In den Astronomischen Nachrichten Nr. 1569 scheint es d'Arrest entschuldigen zu wollen, dass nicht schon Scheiner „das seltene Phänomen der Rotation" gekannt habe. Aber Scheiner hat recht, wenn er sagt: maculae circa centra sua non gyrantur. Oder wenn Sie es lieber wollen, können wir auch sagen: es hat keiner recht. Nämlich anscheinend kommen Rotationen allerdings vor und möchte auch ganz richtig sein, dass man aus solchen scheinbaren Rotationen auf Wirbelstürme geschlossen hat, wie ja auch die Spiralform 1865 October 3. auf eine Art Wirbelsturm hinweist. Indessen von einer wirklichen Rotation der ungeheuren Gebilde unter Beibehalt ihrer Gestalt und ihres Zusammenhanges kann gar keine Rede sein. Häufige und ausdauernde Beobachtung bei starker Vergrösserung belehrt darüber, dass bei einem Gebilde, welches eine Drehung erfahren zu haben scheint, fast nur eine vorwiegende Auflösung der Kernmassen an dem einen Rande und gleichzeitige Neubildung an anderen Randstellen stattgefunden haben, während örtliche Verschiebung der Massen nur in sehr beschränkter Weise anzunehmen ist. So ist überhaupt bei Ortsveränderungen der Flecke, selbst wenn für schwache Vergrösserungen die Gestaltsänderung gar nicht mehr auffällig ist, niemals an gemächliches Fortschieben unveränderlicher Massen zu denken, sondern an gewaltsames Fortwälzen derselben unter unaufhörlichen Veränderungen, namentlich unter Neubildungen an dem einen und Auflösungen an dem andern Ende. Zu Gunsten einer wirklichen Drehung kann man auch nicht die Aenderung des Positionswinkels einer Trennungslinie im Kern anführen, denn auch eine solche Trennungslinie verschiebt sich dadurch, dass an dem einen Rande derselben Abnahme der Kernmasse, am andern Zunahme erfolgt, und um dies festzustellen, lassen sich schon an Kern und Hof allerlei kleine Merkmale finden, welche auf kurze Zeit Gestalt und gegenseitige Lage behalten und eben auf die Aenderung anderer Stellen zu schliessen erlauben.

Pag. 43. Den Sonnenhalbmesser betreffend will ich Ihnen mittheilen, was ich bisher nicht veröffentlicht habe, sondern nur erst privatim verschiedentlich erwähnt habe, nämlich, dass unter günstigen Umständen, wo der Sonnenrand ruhig und gut begrenzt war, die nothwendige Zunahme oder Abnahme an aufeinander folgenden Tagen nicht beobachtet wurde, sondern das Gegentheil, z. B. in der ersten Hälfte des vorigen Jahres wurden einmal der nördliche und südliche Sonnenrand von zwei Linien meines grossen Glasnetzes genau tangirt, darauf 3 Tage später bei gleicher Einstellung und gleichen Refractionsverhältnissen blieb die wiederum gut begrenzte Sonnenscheibe nicht innerhalb jener Linien, sondern wenn der eine Rand die eine Linie tangirte, ragte der andere

Rand über die andere Linie noch merklich hervor. Ich werde in diesem Jahre weiter darauf achten, wenn nur erst die ungünstige Witterung aufhören wollte.

Anclam, 15. März 1869.

Professor Spoerer.

Darstellungen der Oberflächen von Mars und Jupiter.

Diese Darstellungen sind nach Zeichnungen von Herrn Director J. F. Julius Schmidt in Athen wiedergegeben. Die Abbildung des Mars wurde bei 500facher Vergrösserung am 19. September 1862 9 Uhr 35 Minuten mittlerer athener Zeit, jene des Jupiter bei 400facher Vergrösserung am 29. Mai 1862 6 Uhr 35 Minuten mittlerer Zeit aufgenommen. Der schwarze Fleck auf der (im umkehrenden Fernrohre) untern Hälfte des letztern Planeten ist ein Trabantenschatten.

Erläuterungen zur Karte (Tafel III.)

der

Mondlandschaft Bullialdus und Umgebung,

aufgenommen und gezeichnet nach Beobachtungen
von 1842 bis 1868

von

J. F. Julius Schmidt.

Die Karte stellt die Umgebung des Bullialdus zwischen dem 19. und 31. Grade östl. selenographischer Länge und dem 15. bis 30. Grade südlicher selenographischer Breite dar.

Der Durchmesser des Bullialdus beträgt nach Mädler 8,3 geographische Meilen. Die Reliefverhältnisse erhellen aus folgenden Höhenmessungen.

Höhe in Toisen.	Sonnenhöhe.	Zahl der Messungen.	Beobachter.	
	a) West-Wall nach Aussen.			
821	—	1	Schmidt.	
	b) West-Wall nach Innen.			
1202	—	1	Schröter.	
1450	—	—	Mädler.	
	c) Ost-Wall nach Aussen.			
442	2° 0′	1	Schröter.	Mittel: 521 Toisen.
530	2 28	1	„	
529	3 17	1	Schmidt.	
584	2 30	1	„	
758	—	1	Mädler.	
	d) Ost-Wall nach Innen.			
1450	—	1	Mädler.	
1838	9 43	1	Schmidt.	
	e) Westliche Tiefe.			
1259	6 28	3	Schmidt.	
1465	8 8	4	„	
1650	10 14	4	„	

Die Höhe des Centralgebirges beträgt nach Mädler etwa 500 Toisen. Setzt man die Höhe des West-Walles über der Tiefe = 1700 Toisen, die äussere Höhe des West-Walles = 520 Toisen, so ergibt sich, dass der

Boden des Bullialdus 1180 Toisen oder volle 7000 Fuss unter der Oberfläche des Mare nubium liegt.

Die Tiefe des Kraters A südlich von Bullialdus beträgt nach Mädler 648 Toisen.

Für B findet sich:

West-Wall nach Aussen . . .	476	Toisen.	Schmidt.
Ost-Wall „ „ . . .	427	„	Mädler.
Tiefe	810	„	„

Für C hat man:

Ost-Wall nach Aussen	194	„	Schröter
Tiefe	433	„	„
„	972	„	Mädler.
Kegel östlich neben C	106	„	Schröter.
Krater F, Ost-Wall nach Aussen	333	„	Schmidt.

Der Durchmesser von Lubienitzky beträgt gegen 5 Meilen und die Höhe des West-Walles nach Innen im Maximum nach Mädler 154 Toisen*).

Agatharchides.

West-Wall nach Innen	516	Toisen.	Mädler.	
„ „ „	853	„	Schmidt	Mehr nördliche Stelle.
Ost-Wall „ „	703	„	Mädler.	
Der Berg δ wstl. vor Agatharchides	441	„	„	

Campanus.

Durchmesser: 6,8 Meilen.

Tiefe im Westen	700	Toisen.	Mädler.
„ „ Osten	1021	„	„
„ „ Nordosten	950	„	Schmidt.

Merkator.

Durchmesser: 6,5 Meilen.

Tiefe im Westen	693	Toisen.	Mädler.
„ „ Südwesten	947	„	Schmidt.

Kies.

Durchmesser: 6 Meilen.

Höhe d. Walles bei α über d. Mare	382	Toisen.	Mädler.
„ „ „ „ α „ „	265	„	Schröter.
„ „ Ost-Walles „ „	203	„	„

*) Die Berg- und Kratergruppe südöstlich von Lubienitzky fehlt aus Versehen auf der Mappa Selenographica von Mädler, wie auch in der Selenographie Seite 310 angemerkt ist.

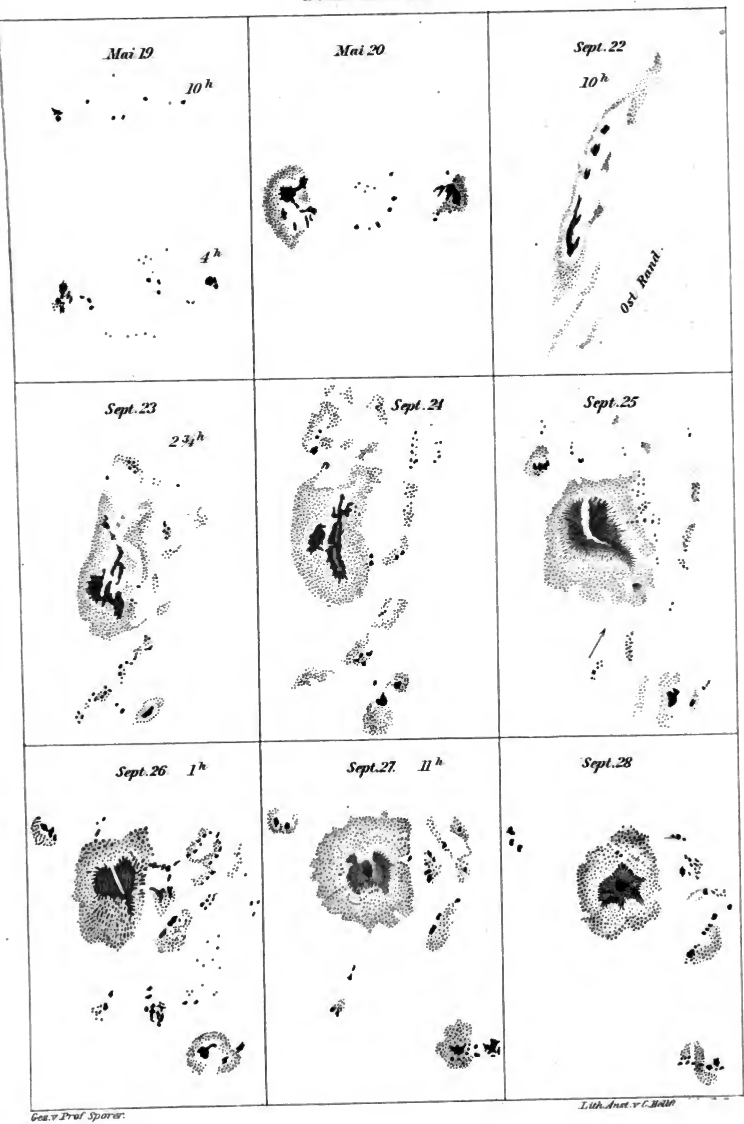
Die Gegend um Bullialdus und Agatharchidus ist eine sehr interessante Landschaft der Mondoberfläche behufs des Studiums der verschiedenartigen Bodengestaltungen. Sie enthält einen Normalkrater ersten Ranges, mittlere Krater, Uebergangsformen nebst Mittelgebirge, viele kleine Krater und besonders merkwürdige Rillen. Diese letzteren bieten ein besonderes Interesse wegen der verschiedenen Uebergangsformen. Sie zeigen sich von den kleinsten, schwachen, parallelwandigen Furchen, bis zu den grösseren Gebilden, die stellenweise das Aussehen aneinandergereihter Krater erhalten. Das Rillensystem zwischen Agatharchides und Campanus ist nicht allein wegen seiner bedeutenden Länge von 64 Lieues, sondern auch wegen der verschiedenen Ausbildung und parallelen Streichung der einzelnen Glieder, fast im Meridiane, merkwürdig. Der Centralberg des Bullialdus wird von einer Kraterrille durchsetzt und selbst die gerade Furche in den inneren Südost-Terrassen gehört zu den Rillen. Man erkennt hier deutlich die Uebergänge. Der Fortschritt unserer Kenntnisse von der wahren Natur dieser merkwürdigen Gebilde wird sich nur an eine immer genauere und vollständigere Darstellung und Beobachtung derselben anknüpfen.



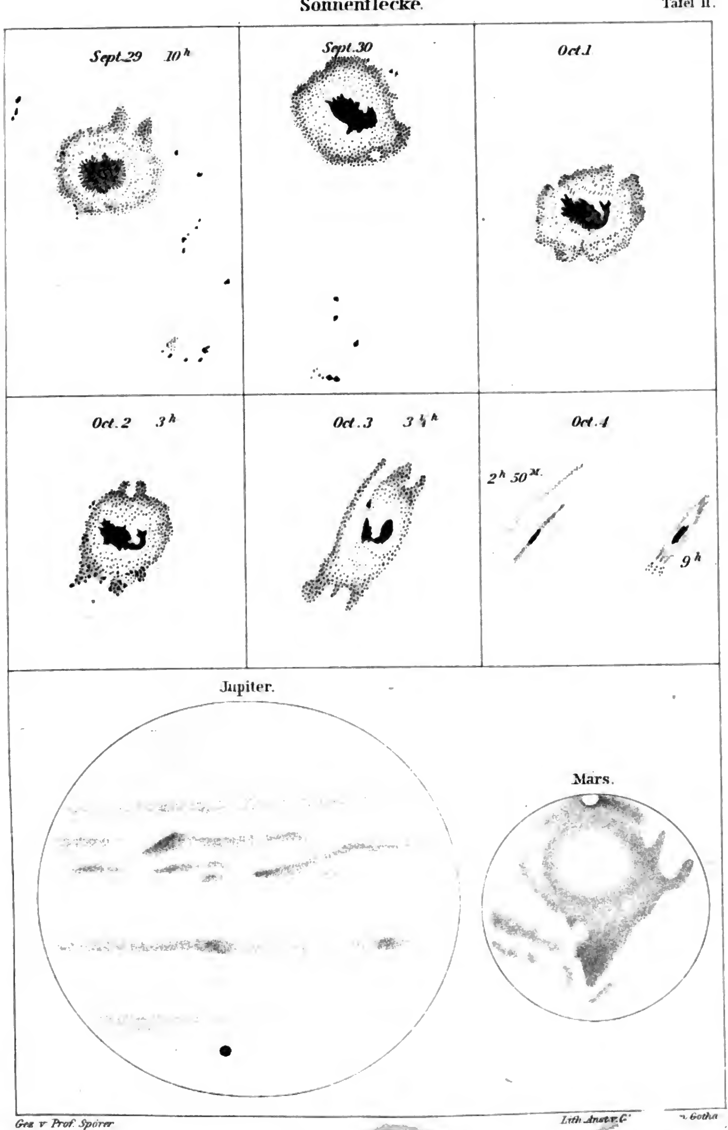
Druckfehler.

Seite	5	Zeile	26	von	oben	lies	1210	statt	1204.
„	5	„	6	„	unten	„	119	„	114.
„	63	„	23	„	oben	„	1652	„	1648.
„	72	„	10	„	unten	„	243	„	423.
„	85	„	24	„	oben	„	1675	„	1775.
„	87	„	11	„	unten	„	$\frac{1}{306}$	„	$\frac{1}{299}$.
„	103	„	4	„	unten	„	Peirese	„	Peiresl.
„	105	„	15	„	oben	„	Kinau	„	Kinan.
„	106	„	18	„	oben	„	12′	„	6′.
„	143	„	9	„	oben	„	1845 Dec. 8.	„	1845 Sept. 8.
„	154	„	9	„	„	„	1800	„	1860.
„	173	„	8	„	unten	„	1825	„	1725.
„	178	„	19	„	oben	„	0,0284	„	0,284.
„	191	„	9	„	„	„	400	„	300.
„	237	„	12	„	oben	„	12. August	„	10. August.
„	237	„	16	„	unten	„	ursae	„	ursale.
„	238	„	20	„	„	„	1868	„	1860.
„	254	„	4	„	oben	„	Frühling	„	Winter.
„	257	„	28	„	oben	„	Brorsen'sche	„	Winnecke'sche.
„	263	„	8	„	unten	„	Eustathius	„	Eustathus.
„	278	„	6	„	unten	„	Parnallee	„	Pranallee.
„	281	„	5	„	oben	„	Pillistfer	„	Phillistfer.

„ 217 in der letzten Spalte Zeile 8 lies: in der Folge unterbleiben.



Gez. v. Prof. Spörer. Lith. Anst. v. C. Hell.



Sonnenflecke.
Tafel II.
Sept. 29 10 h
Sept. 30
Oct. 1
Oct. 2 3 h
Oct. 3 3 ¼ h
Oct. 4
2 h 50 M.
9 h
Jupiter.
Mars.
Gez. v. Prof. Spörer
Gotha

